

Département maladies chroniques et traumatismes  
Département santé environnement

# **Impact sanitaire de la vague de chaleur d'août 2003 en France**

Bilan et perspectives - Octobre 2003

**Sous la coordination scientifique de Martine Ledrans (responsable du Département santé environnement) et d'Hubert Isnard (responsable du Département maladies chroniques et traumatismes), ont contribué à la rédaction de ce rapport :**

*Statisticiens, systèmes d'informations géographiques :* Alain Le Tertre<sup>1</sup>, Adeline Maulpoix<sup>1</sup>

*Epidémiologistes, toxicologues :* Nicolas Carré<sup>2</sup>, Sylvie Cassadou<sup>1</sup>, Myriam D'Helf<sup>1</sup>, Marie-Christine Delmas<sup>1</sup>, Christophe Declercq<sup>3</sup>, Jean Donadiou<sup>1</sup>, Daniel Eilstein<sup>1</sup>, Céline Ermanel<sup>2</sup>, Pascal Fabre<sup>1</sup>, Laurent Filleul<sup>1</sup>, Loïc Josseran<sup>4</sup>, Jean-François Jusot<sup>1</sup>, Agnès Lefranc<sup>5</sup>, Christine Lorente<sup>1</sup>, Philippe Malfait<sup>6</sup>, Ghislain Manet<sup>7</sup>, Sylvia Medina<sup>1</sup>, Catherine Nunes<sup>5</sup>, Laurence Pascal<sup>1</sup>, Philippe Pirard<sup>1</sup>, Hélène Prouvost<sup>3</sup>, Marie-Odile Rambourg<sup>1</sup>, Coralie Ravault<sup>1</sup>, Daniel Rivière<sup>8</sup>, Georges Salines<sup>1</sup>, Florence Suzan<sup>2</sup>, Bertrand Thélot<sup>2</sup>, Hélène Tillaut<sup>1</sup>, Stéphanie Vandentorren<sup>1</sup>

*Métérologue :* Mathilde Pascal<sup>1</sup>

*Moniteur d'études :* Bénédicte Bérat<sup>1</sup>

*Référent administratif et financier :* Christel Guillaume<sup>1</sup>

*Assistants :* Julie Debout<sup>1</sup>, Frédérique Suzanne<sup>1</sup>

La rédaction du rapport a été coordonnée par Coralie Ravault<sup>1</sup>.

Le chapitre consacré à l'estimation de la surmortalité liée à la canicule d'août 2003 en France (cf chapitre 3, § 2.3.3) a repris le résumé rédigé par Denis Hémon (Inserm U170-IFR69) et Eric Jouglu (Inserm CépiDc-IFR69) dans le rapport d'étape publié le 25 septembre 2003<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Institut de veille sanitaire, Département santé environnement, Saint-Maurice

<sup>2</sup> Institut de veille sanitaire, Département maladies chroniques et traumatismes, Saint-Maurice

<sup>3</sup> Observatoire régional de la santé Nord-Pas-de-Calais, Lille

<sup>4</sup> Institut de veille sanitaire, Direction générale, Saint-Maurice

<sup>5</sup> Observatoire régional de la santé Ile-de-France, Paris

<sup>6</sup> Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud, Marseille

<sup>7</sup> Cellule interrégionale d'épidémiologie Ouest, Rennes

<sup>8</sup> Cellule interrégionale d'épidémiologie Centre-Ouest, Orléans

<sup>1</sup> Hémon D, 2003 (1).

# Remerciements

Plusieurs enquêtes épidémiologiques ont été réalisées en urgence en août 2003 pour évaluer l'impact sanitaire de la vague de chaleur. Ces enquêtes ont mobilisé de nombreux personnels extérieurs, souvent anonymes, pour assurer le recueil et la transmission des données. Qu'ils soient remerciés de leur disponibilité.

Il s'agissait des personnels des organismes suivants :

- Pour l'enquête « interventions sanitaires à court terme » :
  - des services d'accueil des urgences du Centre hospitalier universitaire (CHU) Purpan de Toulouse, des hôpitaux de l'Assistance publique-Hôpitaux de Marseille, du CHU de Nice, du CHU de Bicêtre ;
  - des sapeurs pompiers de Paris et de Toulouse ;
  - de SOS médecins Bordeaux et Paris ;
  - et des SAMU 78 (Yvelines), 93 (Seine-Saint-Denis), 59 (Nord-Pas-de-Calais), 13 (Bouches-du-Rhône) et 31 (Haute-Garonne).
- Pour l'enquête « Décès par coup de chaleur dans les établissements de santé en France : 8 août-19 août 2003 », les centres hospitaliers, centres hospitaliers régionaux, centres hospitalo-universitaires, centres hospitaliers ou cliniques psychiatriques, hôpitaux locaux, centres de soins de longue durée, cliniques privées et établissements de moyen séjour, qui ont accepté de participer.
- Pour l'enquête « 13 villes » :
  - les services de l'état civil des mairies de Bordeaux, Dijon, Grenoble, Le Mans, Lille, Lyon, Marseille, Nice, Paris, Poitiers, Rennes, Strasbourg et Toulouse ;
  - la direction des hôpitaux suivants : l'Assistance publique des Hôpitaux de Paris et de Marseille, les Hospices Civils de Lyon, les CHU de Bordeaux, Dijon, Grenoble, Lille, Nice, Poitiers, Rennes, Strasbourg et Toulouse et le centre hospitalier du Mans.
- Pour l'enquête « surveillance et évaluation des effets aigus retardés de la canicule 2003 à travers l'activité des unités de prise en charge des urgences » :
  - les SAMU 59, 13, 93, 75 et 78 ;
  - le service des urgences de trois hôpitaux de la région parisienne (Ambroise Paré, la Pitié Salpêtrière, Bicêtre) et du CHU de Purpan à Toulouse ;
  - SOS médecins de Bordeaux.
- L'enquête « Evaluation de la surmortalité en France » avait été initiée par l'InVS, en collaboration avec le ministère de l'Intérieur et les Préfets départementaux.
- Les personnels des Directions départementales des affaires sanitaires et sociales (Ddass) et des Cellules interrégionales d'épidémiologie d'intervention (Cire) ont été largement mobilisés pour assurer les relances et la transmission des données.

Les différents travaux qui ont constitué la matière de ce rapport ont bénéficié de la collaboration de monsieur le haut fonctionnaire de défense du ministère de la Santé, Jean-Pierre Besancenot (Laboratoire Climat et santé, faculté de médecine de Dijon), Jean-Pierre Beysson (Météo France), Christian Cochet (Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)), Jean-Claude Cohen (Météo France), Alain Covlez (unité 500 de l'Inserm (Epidémiologie des maladies chroniques et du vieillissement)), Philippe Cunéo (Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (Dress)), Anne Doussin (Centre de recherche d'étude et de documentation en économie de la santé (Credes)), Yves Ernie (Météo France), Philippe le Fur (Credes), Eric Jouglu (Centre d'épidémiologie des causes médicales de décès (CépiDc) de l'Inserm), Bruno Lossec (Météo France), Jacques Riberon (CSTB).

Enfin, les auteurs remercient le personnel de l'InVS qui a apporté son soutien et sa participation aux différents travaux. En particulier, merci à Thierry Ancelle (DFD<sup>2</sup>), Rosemary Ancelle-Park (DMCT), Edwige Bertrand (DFD), Frédérique Biton (DFD), Isabelle Bonmarin (DMI), Bruno Coignard (DMI), Elisabeth Couturier (DMI), Yves Delasnerie (SSI), Anne Fagot-Campagna (DMCT), Rachida Khelladi (DMCT), Axelle Griffon (stagiaire), Agnès Guillet (SSI), Mélanie Khérouf (stagiaire), Brigitte Hélynck (DFD), Céline Lagrée (SSI), Stéphane Levu (DMI), Florence Lot (DMI), Vanessa Le Bot (stagiaire), Alexandra Mailles (DMI),

<sup>2</sup> DFD=Département formation-documentation, DIT=Département international et tropical, DMCT=Département des maladies chroniques et des traumatismes, DMI=Département des maladies infectieuses, DSE=Département santé environnement, SSI=Service des systèmes d'information

Sophie Mallejac (DFD), Valérie Mazeau (Interne de santé publique), Carole Nachbaur (stagiaire), Javier Nicolau (SSI), Isabelle Parent (DMI), Josiane Pillonel (DMI), Roselyne Pinget (DMI), Corinne Pioche (DMI), Cécile Ricard (DMCT), Laurent Rivas (SFLE), Clément Salines (stagiaire), Dominique Soulier (SSI), Stéphane Teissandier (SSI).

Le bilan de l'impact sanitaire dans les autres pays européens a été réalisé en collaboration avec Elena Boldo (Instituto de Salud Publica, Madrid, Espagne), Ennio Cadum (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte, Italie), Susanna Conti (Istituto Superiore di Sanità, Italie), Patricia Garcia de Olalla (Agencia de Salut Publica de Barcelona, Espagne), Jendritzky Gerd (Deutscher Wetterdienst, Allemagne), Christina Koppe (Deutscher Wetterdienst, Allemagne), Paola Michelozzi (Agenzia di Sanita Publica Lazzio, Italie), Paolo Nogueira (Observatório Nacional de Saúde, Portugal), Cleone Rooney (Office for National Statistics, Royaume Uni), Francis Sartor (Institut Scientifique de Santé Publique, Belgique), Fernando Simon (Instituto de Salud Carlos III in Madrid, Espagne), Leendert Van Bree (Netherlands Environmental Assessment Agency, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Pays-Bas).

Merci également à Päivi Aarnio (National Public Health Institute, Finlande), Andrea Ammon (Robert Koch Institute, Allemagne), Delphine Antoine (Health Protection Agency, Royaume Uni), Mario Carreira (Ministerio de la Saude, Portugal), Eszter Erdei (National Institute of Environmental Health, Hungary), Bertil Forsberg (Department of Public Health and Clinical Medicine, Suède), Walter Haas (Robert Koch Institute, Allemagne), Klea Katsouyanni (University of Athens Medical School, Grèce), Lis Keiding (National Board of Health, Danemark), Gonzalo Lopez-Abente (Instituto de Salud Carlos III in Madrid, Espagne), Francisco Marqués Marqués (Ministerio de Sanidad y Consumo, Espagne), Bettina Menne (World Health Organisation, European Centre for Environment and Health, Rome, Italie), Emilia Maria Niciu (Head, Air Pollution Epidemiology and Research Laboratory, Institute of Public Health, Bucarest), Peter Otorepec (Institute of Public Health, Slovénie), Heather Walton (Department of Health, gouvernement du Royaume-Uni).

Enfin, les auteurs remercient :

- les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air : Arema-Lille Métropole (Lille), Atmo-poitou-Charentes (Poitiers), Oramip (Toulouse), Airmaraix (Marseille), Qualitair (Nice), Coparly (Lyon), Air Breizh (Rennes), Airaq (Bordeaux), Airparif (Paris), Air Pays-de-Loire (Le Mans), Air Normand (Rouen et Le Havre), ASPA (Strasbourg) ;
- les Pompes funèbres générales ;
- l'Institut national des statistiques et des études économiques (Insee)

pour la transmission de leurs données.

# Résumé

L'été 2003 est le plus chaud qu'ait connu la France depuis 53 ans. Une période caniculaire d'une intensité exceptionnelle est survenue durant la première quinzaine du mois d'août. Plusieurs travaux ont été entrepris cet été afin d'évaluer les conséquences sanitaires à court terme de la vague de chaleur. Le présent rapport complète et consolide les informations fournies le 28 août 2003. Il présente : 1) la revue de la littérature internationale portant sur le thème « vague de chaleur » ; 2) la description des caractéristiques de la vague de chaleur d'août 2003 en France ; 3) les résultats définitifs des cinq enquêtes mises en place en urgence en août 2003 en France et le bilan de l'impact sanitaire de la vague de chaleur dans les autres pays européens ; 4) les travaux de surveillance et d'alerte mis en place au décours de l'épisode caniculaire par l'InVS et les propositions d'études épidémiologiques qu'il serait nécessaire de développer à moyen et à long terme.

## Vague de chaleur et santé : revue bibliographique

### *Evaluation de l'exposition à la chaleur*

Pour appréhender l'impact de la chaleur sur le corps humain, les indicateurs d'exposition sont basés soit sur les mesures météorologiques, soit sur des indices biométéorologiques, construits en combinant d'autres paramètres à la température, ou des indices d'exposition fondés sur les masses d'air, ces derniers étant plus représentatifs des efforts imposés à l'organisme par la chaleur.

Dans le cadre de l'évaluation de la vague de chaleur d'août 2003, la température moyenne est plus particulièrement intéressante.

### *Les effets sanitaires*

L'exposition d'un individu à une température environnementale élevée peut entraîner des réactions plus ou moins graves de l'organisme. Au maximum, survient le coup de chaleur, urgence médicale rapidement mortelle en l'absence de traitement. Par ailleurs, la chaleur peut aggraver une maladie déjà installée ou contribuer à la déclencher.

Les principales vagues de chaleur survenues en Europe et aux Etats-Unis depuis plus de 30 ans et leur impact sanitaire en terme de mortalité ont été largement documentés.

De nombreux facteurs modulant l'impact sanitaire de la chaleur sont bien identifiés. Il s'agit de facteurs individuels (personnes âgées, existence de pathologies sous-jacentes, solitude, isolement, perte d'autonomie, catégorie sociale défavorisée) ou environnementaux (caractéristiques de l'habitat, surmortalité touchant principalement les populations urbaines, possible effet synergique de la pollution de l'air et de la température).

### *Les plans chaleur*

Un grand nombre de villes du Canada et des Etats-Unis ont développé leurs propres plans d'action pour faire face aux épisodes caniculaires (les plans chaleurs). Ces plans diffèrent principalement au sujet de la définition des seuils de veille, d'avertissement et d'alerte. Au niveau des actions, des mesures simples de prévention ciblées sur les populations à risque, l'appel à la solidarité et la mobilisation de moyens supplémentaires dans les services de santé, sont généralement appliquées. Aucun de ces plans chaleur n'a fait l'objet d'une évaluation de leur efficacité en terme de réduction de la mortalité.

La difficulté principale pour la mise au point de ces plans concerne le choix des indicateurs d'alerte et la définition du seuil d'alerte. Ces seuils doivent être établis de façon locale.

## Caractéristiques de la vague de chaleur d'août 2003

L'été 2003, et plus précisément la première quinzaine d'août, a été particulièrement chaud, avec des températures maximales et minimales significativement au-dessus des normales saisonnières. La vague de chaleur d'août 2003 s'est accompagnée d'une pollution par l'ozone marquée, tant en durée qu'en intensité.

Rétrospectivement, il a pu être montré que la notion de température critique, définie à 7°C au-dessus de la température moyenne normale, est apparue comme étant intéressante à considérer pour définir un indicateur d'alerte sensible de la vague de chaleur, même si cela doit être confirmé par la prise en compte de plus longues séries de données météorologiques. En revanche, les indices et les seuils existants ne mettaient pas en évidence de danger sur la période caniculaire. Le choix d'un indice biométéorologique comme indicateur d'alerte doit donc s'accompagner d'une nouvelle définition des seuils de danger.

## Résultats des enquêtes mises en place en août 2003

Après avoir réalisé une première évaluation de l'ampleur de l'épidémie de décès due à la vague de chaleur, l'InVS a mis en place, en urgence, cinq enquêtes épidémiologiques avec pour objectif l'évaluation des conséquences sanitaires à court terme de la vague de chaleur directement (enquêtes « décès par coup de chaleur dans les établissements de santé », « 13 villes », « évaluation de la surmortalité en France », « effets aigus retardés ») ou indirectement via l'activité des intervenants d'urgence (enquête « interventions sanitaires à court terme »). Le nombre cumulé des décès en excès par rapport aux années précédentes a été d'environ 400 le 4 août, 3 900 le 8 août, 10 600 le 12 août et 14 800 le 20 août, soit une augmentation de 60 % par rapport à la mortalité attendue (enquête Inserm). La surmortalité a touché l'ensemble de la France, même dans les départements où le nombre de jours de canicule était faible. Ce résultat est corroboré par l'enquête « 13 villes ». Globalement, la surmortalité a concerné plus les villes que leur région respective, résultat qui était attendu, à l'exception de trois régions où le contraire a été observé (« enquête 13 villes »). Les quatre villes où la surmortalité a été la plus forte se distinguent par l'importance de l'écart de température aux normales saisonnières pendant la canicule (+6,7°C à +7,4°C), confirmant l'intérêt de la notion de température critique comme seuil d'alerte potentiel (« enquête 13 villes »).

Ces enquêtes ont également permis une première description des caractéristiques des personnes décédées pendant la vague de chaleur (enquête « décès par coup de chaleur dans les établissements de santé » et « évaluation de la surmortalité »). Elles suggèrent que les personnes peu autonomes, telles que les personnes âgées, les personnes souffrant d'un handicap physique ou d'une maladie mentale ont été les plus vulnérables à la chaleur.

Enfin, les enquêtes réalisées avec les intervenants d'urgence hospitaliers ou préhospitaliers ont fourni des premières informations importantes à considérer dans la perspective de la mise en place d'un système d'alerte sanitaire en lien avec les urgentistes.

## Bilan de l'impact de la vague de chaleur dans les autres pays européens

Les informations recensées auprès d'institutions publiques accréditent un impact des vagues de chaleur survenues à des périodes et avec des intensités diverses en Europe Occidentale durant l'été 2003. Même si tous les résultats ne sont pas disponibles, il semble bien que la France soit le pays européen qui a été le plus touché par la vague de chaleur.

Lisbonne et quatre grandes villes en Italie (Rome, Turin, Milan, Bologne) disposent d'un système de détection et d'alarme au jour le jour des vagues de chaleur permettant des prédictions d'impact sanitaire et d'un système de gestion associé. Les premiers résultats d'analyse des informations apportées par ces systèmes montrent qu'ils ont dans l'ensemble prévu les jours de pic de mortalité et ainsi permis de donner l'alerte à l'avance. Cependant, ils ont sous-estimé pour la plupart l'ampleur du phénomène et sont passés à côté d'un ou deux jours de pics.

Afin de pouvoir comparer le bilan de l'impact sanitaire de cet été exceptionnellement chaud entre les différents pays, une harmonisation de la méthodologie est indispensable, que ce soit pour la définition des indicateurs d'exposition comme des indicateurs d'effets. L'analyse devrait d'ailleurs être poursuivie sur les données recueillies jusqu'à la fin de l'année afin d'identifier d'éventuels effets à moyen et long terme.

Le développement d'une collaboration suivie entre les experts des différents pays doit être favorisé par l'organisation de meetings, de réseaux d'échange de données et d'analyse permanents ainsi que l'élaboration de programmes de recherche internationaux.

## Perspectives de surveillance et d'alerte

Devant l'ampleur de l'impact sanitaire de la vague de chaleur d'août 2003 en France, des études ou actions dans le champ de la surveillance et de l'alerte ont été mises en place.

Un partenariat a été développé avec Météo France afin de mettre en place un système d'alerte opérationnel pour faire face à de futures vagues de chaleur (choix des indices biométéorologiques, choix des seuils d'alerte). L'InVS est également chargé de mettre en place un système d'alerte sanitaire basé sur les intervenants d'urgence hospitaliers ou préhospitaliers.

L'analyse de la part de la pollution atmosphérique dans les conséquences sanitaires de la vague de chaleur 2003 sera réalisée dans les mois qui viennent dans le cadre du programme PSAS-9. En parallèle, l'InVS participe à un projet européen (PHEWE) sur le même thème.

Des études épidémiologiques visant à identifier les facteurs de risque de décès à domicile et en institution liés à la canicule sont en cours. La détermination des facteurs expliquant la sous mortalité observée dans les Bouches-du-Rhône cet été par rapport aux départements limitrophes sera réalisée par la Cire Sud. Enfin d'autres axes de travail ont été identifiés, qui devraient faire l'objet d'un appel d'offres.

## **Conclusion**

La vague de chaleur d'août 2003 a eu un impact sanitaire majeur en France. Cet événement a conduit à la remise en question de notre système de santé publique dans sa capacité à anticiper ce type de crise. Les collaborations développées à cette occasion et l'ensemble des actions et études mises en place par l'InVS visent à anticiper les conséquences sanitaires d'une future vague de chaleur et à alimenter la réflexion sur la mise en place de stratégies de prévention efficaces. Il semble que des facteurs sociaux, organisationnels et structurels ont probablement également contribué à l'impact sanitaire de la canicule en France et devraient tout autant faire l'objet d'études spécifiques que les facteurs individuels ou environnementaux.



# Acronymes

<b>AP-HM</b>	Assistance publique – Hôpitaux de Marseille
<b>APHEA</b>	Air Pollution and Health: A European Approach
<b>AP-HP</b>	Assistance publique – Hôpitaux de Paris
<b>BSPP</b>	Brigade des sapeurs pompiers de Paris
<b>CépiDc</b>	Centre d'épidémiologie des causes médicales de décès
<b>CH</b>	Centre hospitalier
<b>CHU</b>	Centre hospitalier universitaire
<b>Cire</b>	Cellule interrégionale d'épidémiologie d'intervention
<b>CreDES</b>	Centre de recherche, d'étude et de documentation en économie de la santé
<b>CSTB</b>	Centre scientifique et technique du bâtiment
<b>CSS</b>	Classification synoptique spatiale
<b>Ddass</b>	Direction départementale des affaires sanitaires et sociales
<b>DGS</b>	Direction générale de la santé
<b>DMCT</b>	Département maladies chroniques et traumatismes
<b>DSE</b>	Département santé environnement
<b>ECOHEIS</b>	European countries environmental health indicators system
<b>HCL</b>	Hospices civils de Lyon
<b>Insee</b>	Institut national de la statistique et des études économiques
<b>Inserm</b>	Institut national de la santé et de la recherche médicale
<b>InVS</b>	Institut de veille sanitaire
<b>PACA</b>	Provence-Alpes-Côte d'Azur
<b>PFG</b>	Pompes funèbres générales
<b>PHEWE</b>	Assessment and prevention of acute health effects of weather conditions in Europe
<b>PSAS-9</b>	Programme de surveillance air et santé 9 villes
<b>SAMU</b>	Service d'aide médicale urgente
<b>SMUR</b>	Service mobile d'urgence et de réanimation
<b>TSI</b>	Indice synoptique temporel

# Sigles

<b>AT</b>	Température apparente
<b>°C</b>	Degrés Celsius
<b>COV</b>	Composés organiques volatils
<b>DI</b>	Indice d'inconfort
<b>°F</b>	Degrés Fahrenheit (Formule de conversion des °F en °C : $^{\circ}\text{C} = 5/9 \times (^{\circ}\text{F} - 32)$ )
<b>h</b>	Heure
<b>Hi</b>	Indice de chaleur
<b>hPA</b>	HectoPascal
<b>km</b>	Kilomètre
<b>m/s</b>	Mètre par seconde
<b>mg/m<sup>3</sup></b>	Microgramme par mètre cube
<b>NO</b>	Monoxyde d'azote
<b>NO<sub>2</sub></b>	Dioxyde d'azote
<b>NO<sub>x</sub></b>	Oxydes d'azote
<b>O<sub>3</sub></b>	Ozone
<b>OR</b>	Odds-ratio
<b>P25</b>	Percentile 25 de la distribution d'une variable
<b>P75</b>	Percentile 75 de la distribution d'une variable
<b>SO<sub>2</sub></b>	Dioxyde de soufre
<b>[ ]</b>	Intervalle de confiance à 95 % de l'estimation centrale d'un pourcentage ou d'un odds-ratio
<b>T°</b>	Température en degrés Celsius



# Sommaire

Introduction.....	15
<b>Chapitre 1. Vague de chaleur et santé : revue bibliographique .....</b>	<b>17</b>
1. Evaluation de l'exposition à la chaleur .....	17
1.1. Les indicateurs météorologiques .....	17
1.2. Canicule, vague de chaleur : définitions .....	18
2. Effets sanitaires .....	19
2.1. Définitions .....	19
2.1.1. Coup de chaleur : aspects cliniques, biologiques et pronostiques .....	19
2.1.2. Décès par coup de chaleur, décès lié à la chaleur : définitions épidémiologiques.....	19
2.2. Description de quelques vagues de chaleur .....	20
2.2.1. Impact sanitaire en terme de mortalité totale .....	20
2.2.2. Mortalité indirecte liée à des pathologies chroniques sous-jacentes .....	22
2.2.3. Mortalité retardée .....	22
2.2.4. Etude de la relation mortalité-température.....	23
2.2.5. Co-morbidité .....	24
2.3. Etude des facteurs pouvant moduler l'impact de la chaleur .....	25
2.3.1. Facteurs individuels .....	25
2.3.2. Facteurs environnementaux .....	28
2.4. Conclusion .....	29
3. Les plans chaleur.....	30
3.1. Les plans fondés sur l'indice de chaleur.....	30
3.2. Les plans fondés sur l'humidex.....	31
3.3. Les plans fondés sur la masse d'air synoptique .....	31
3.4. Les mesures préventives .....	32
3.5. Conclusion .....	32
<b>Chapitre 2. Caractéristiques de la vague de chaleur d'août 2003.....</b>	<b>33</b>
1. Caractéristiques météorologiques .....	33
1.1. 2003 en France : une canicule exceptionnelle à plus d'un titre .....	33
1.2. Une canicule ressentie dans toute l'Europe.....	36
1.3. Conclusion .....	37
2. Une canicule associée à une pollution par l'ozone.....	37
2.1. L'ozone atmosphérique .....	37
2.2. Les connaissances sur l'impact sanitaire de la pollution par l'ozone .....	38
2.3. La réglementation française .....	38
2.4. Les niveaux d'ozone observés au cours de l'été 2003 .....	38
2.5. Conclusion .....	42
<b>Chapitre 3. Résultats des enquêtes mises en place en août 2003.....</b>	<b>43</b>
1. Etude préliminaire : évolution de l'épidémie de décès et première évaluation de son ampleur .....	43
1.1. Evolution de l'épidémie .....	43
1.1.1. A Paris .....	43

1.1.2. A Lyon .....	45
1.2. Première évaluation de l'ampleur de l'épidémie .....	45
2. Résultats des cinq enquêtes épidémiologiques mises en place en août 2003 .....	46
2.1. Enquête « interventions sanitaires à court terme » .....	46
2.1.1. Objectif et méthodes .....	46
2.1.2. Résultats .....	46
2.1.3. Conclusions .....	52
2.2. Décès par coup de chaleur dans les établissements de santé en France : 8 août - 19 août 2003 .....	52
2.2.1. Introduction .....	52
2.2.2. Méthodes .....	52
2.2.3. Résultats .....	53
2.2.4. Discussion .....	55
2.2.5. Conclusion .....	55
2.3. Evaluation de la surmortalité en France .....	55
2.3.1. Estimation de la surmortalité à partir des données administratives de décès au 15 août 2003 (« enquête préfecture ») .....	55
2.3.2. Estimation de la surmortalité due à la canicule entre le 1 <sup>er</sup> et le 15 août 2003 à partir des certificats de décès .....	56
2.3.3. « Enquête Inserm » .....	59
2.4. Enquête 13 villes .....	59
2.4.1. Méthodes .....	60
2.4.2. Résultats descriptifs .....	61
2.4.3. Enquête sur les décès enregistrés par l'état civil .....	62
2.4.4. Enquête sur la mortalité hospitalière .....	69
2.4.5. Conclusion des deux enquêtes .....	75
2.5. Surveillance et évaluation des effets aigus retardés de la canicule 2003 à travers l'activité des unités de prise en charge des urgences .....	75
2.5.1. Contexte .....	75
2.5.2. Objectifs .....	75
2.5.3. Méthodes .....	76
2.5.4. Résultats .....	76
2.5.5. Discussion .....	77
2.5.6. Conclusion .....	78
 Chapitre 4. Bilan de l'impact de la vague de chaleur dans les autres pays européens .....	 79
 Chapitre 5. Perspectives de surveillance et d'alerte .....	 87
1. Le développement de l'alerte .....	87
1.1. Avec Météo France .....	87
1.2. Gestion des alertes sanitaires identifiées par le réseau des intervenants sanitaires - Premiers éléments de réflexion .....	88
2. Les études épidémiologiques en cours à l'InVS .....	88
2.1. L'analyse de la part de la pollution atmosphérique dans les conséquences sanitaires de la vague de chaleur 2003 en France .....	88
2.1.1. L'évaluation immédiate .....	88
2.1.2. Les perspectives .....	89
2.1.3. Conclusion .....	89
2.2. Le programme européen PHEWE – Assessment and Prevention of acute Health Effects of Weather conditions in Europe .....	89

2.3. L'analyse des facteurs de risque de décès liés à la canicule d'août 2003 chez les personnes âgées .....	90
2.3.1. Enquête sur les personnes âgées résidant à domicile .....	90
2.3.2. Enquête sur les facteurs de risque de décès en institution .....	91
2.3.3. Etude des facteurs individuels ayant influencé la mortalité et la morbidité des personnes âgées durant la vague de chaleur du mois d'août 2003 .....	92
2.4. Recherche de facteurs expliquant la sous-mortalité pendant la canicule dans le département des Bouches-du-Rhône par rapport aux départements limitrophes .....	942
<b>3. Autres études à envisager .....</b>	<b>93</b>
3.1. Analyse descriptive des décès survenus en 2003 .....	93
3.2. Etudes en secteur psychiatrique .....	93
3.3. Etudes en établissements médico-sociaux pour personnes handicapées .....	93
3.4. Etudes sur l'aggravation de l'état de santé .....	94
<b>Conclusion .....</b>	<b>95</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>97</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>101</b>
<i>Annexe 1. Formules des indices biométéorologiques .....</i>	<i>101</i>
<i>Annexe 2. Caractéristiques météorologiques détaillées par ville .....</i>	<i>102</i>
Bordeaux .....	102
Dijon .....	103
Grenoble .....	104
Le Mans .....	105
Lille .....	106
Lyon .....	107
Marseille .....	108
Nice .....	109
Paris .....	110
Poitiers .....	112
Rennes .....	113
Strasbourg .....	114
Toulouse .....	115
<i>Annexe 3. Fiche de déclaration des décès par coup de chaleur climatique des         patients hospitalisés .....</i>	<i>118</i>
<i>Annexe 4. Formulaire de l'enquête sur les effets retardés de la canicule .....</i>	<i>117</i>



# Introduction

L'été 2003 est le plus chaud qu'ait connu la France depuis 53 ans (source : Météo France). Une période caniculaire d'une intensité exceptionnelle est survenue durant la première quinzaine du mois d'août. Cette situation a conduit Météo France à publier des communiqués de presse dès le 1<sup>er</sup> août 2003. Ces communiqués insistent sur les risques de sécheresse consécutifs à ces conditions météorologiques, mais également sur les risques sanitaires encourus par les populations, en particulier, les personnes âgées (communiqué du 7 août 2003).

Ce n'est que le 6 août 2003 que l'Institut de veille sanitaire (InVS<sup>3</sup>) et la Direction générale de la santé (DGS) reçoivent, simultanément, le premier signal d'alerte sanitaire : un médecin inspecteur de la Direction départementale des affaires sanitaires et sociales (Ddass) du Morbihan informe que le centre 15 a signalé trois décès probablement liés à la chaleur chez des sujets âgés de 35, 45 et 56 ans sur leur lieu de travail, le 5 août 2003. D'autres signalements de même nature sont arrivés à l'InVS directement ou via la DGS entre le 6 et le 8 août mais la gravité de la situation, sans doute déjà mesurable, n'est pas perceptible à ce moment-là à l'InVS.

Le vendredi 8 août, la DGS demande à l'InVS d'envisager une surveillance de ces événements. Les premières lignes directrices de la nature des investigations à entreprendre en urgence sont transmises par l'InVS à la DGS dans la journée.

Le 11 août, le cabinet du ministre de la Santé demande à l'InVS de mettre en place une enquête nationale sur les décès par coup de chaleur survenus dans les hôpitaux. Le 12 août, un protocole général des études à mettre en œuvre est proposé. En plus d'une revue bibliographique des connaissances sur les vagues de chaleur, il prévoit trois études à court terme :

- une étude descriptive de l'activité de différents intervenants sanitaires (enquête « interventions sanitaires à court terme ») ;
- une étude sur les décès dans plusieurs grandes villes françaises avec mise en relation avec les données météorologiques (« enquête 13 villes ») ;
- une étude sur les décès par coup de chaleur survenus dans les hôpitaux (enquête « décès par coup de chaleur dans les établissements de santé ») ;

et deux études à plus long terme :

- une étude dans les neuf villes françaises du PSAS-9 (Programme de surveillance air et santé – 9 villes de l'InVS) ;
- une étude européenne avec les partenaires du programme PHEWE (Assessment and Prevention of acute Health Effects of Weather conditions in Europe) initié par l'Union Européenne (pollution et chaleur : conséquences sur la santé).

Le 13 août, les données de mortalité hospitalière fournies lors d'une réunion par l'Assistance publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP) permettent de conclure qu'une épidémie de grande ampleur se développe. De plus, les données recueillies par l'InVS auprès des Pompes funèbres générales (PFG) qui organisent, en temps normal, les obsèques d'environ 25 % des personnes décédées (avec une couverture inégale sur le territoire) indiquent une augmentation importante de l'activité des PFG dans la semaine.

Il est donc décidé de réaliser une enquête pour quantifier, à court terme, la surmortalité « brute » sur le territoire métropolitain (enquête « évaluation de la surmortalité en France »). Une première enquête (dite « enquête Préfecture ») est initiée par l'InVS en collaboration avec le ministère de l'Intérieur dès le 13 août. Rencontrant un certain nombre de difficultés, elle a été complétée, dès le 20 août 2003, par une enquête de mortalité descriptive réalisée par l'Inserm (Institut national de la santé et de la recherche médicale), avec la participation active de l'InVS et des Ddass, à partir des certificats de décès enregistrés en mairie (« enquête Inserm »), qui a donné lieu à la publication d'un rapport le 25/09/2003 (1).

Au total, à partir du 13 août, quatre enquêtes épidémiologiques sont mises en place en urgence. Elles ont pour objectif d'évaluer les conséquences sanitaires à court terme de la vague de chaleur directement (enquêtes « décès par coup de chaleur dans les établissements de santé », « évaluation de la surmortalité en France » et « 13 villes ») ou indirectement via l'activité des intervenants d'urgence (« enquête

<sup>3</sup> Les abréviations utilisées dans le texte sont regroupées page 9.

interventions sanitaires à court terme »). Une cinquième enquête sera mise en place à partir du 21 août pour évaluer les conséquences sanitaires au décours de la vague de chaleur à partir des données d'activité des intervenants d'urgence.

Enfin, une sixième enquête est réalisée auprès d'experts européens pour connaître l'impact sanitaire de la vague de chaleur dans les différents pays européens.

Suite à un rapport préliminaire remis au ministre de la Santé le 20/08/2003, un rapport d'étape a été mis en ligne sur le site de l'InVS le 28 août 2003. Ce rapport d'étape avait permis d'évaluer à 11 435 morts le nombre de décès en excès entre le 1<sup>er</sup> et le 15 août 2003 (2). Il présentait également les premiers résultats des différentes enquêtes mises en place en août.

Le présent rapport complète et consolide les informations fournies le 28 août 2003. Il a pour objectifs de présenter :

- 1) la revue de la littérature internationale portant sur le thème « vague de chaleur » : mesure de l'exposition, mesure des effets sanitaires, existence de plans de prévention, évaluation de ces plans de prévention (chapitre 1) ;
- 2) la description des caractéristiques de la vague de chaleur survenue en août 2003 en France (chapitre 2) ;
- 3) les résultats définitifs des cinq enquêtes mises en place en urgence en août 2003 pour faire le bilan de l'impact sanitaire de la vague de chaleur qui a touché la France<sup>4</sup> (chapitre 3) et le bilan de l'impact sanitaire de la vague de chaleur dans les autres pays européens (chapitre 4) ;
- 4) les travaux de surveillance et d'alerte mis en place au décours de l'épisode caniculaire par l'InVS en partenariat avec nombre d'organismes et les propositions d'études épidémiologiques qu'il serait nécessaire de développer à moyen et à long terme (chapitre 5).

<sup>4</sup> Les résultats de « l'enquête Inserm » ont été publiés le 25/09/2003 par l'Inserm (1). Le présent rapport reprend le résumé du rapport Inserm, avec l'accord des auteurs.

# Chapitre 1

## Vague de chaleur et santé : revue bibliographique

La revue de la littérature internationale a porté sur trois axes :

- 1) l'évaluation de l'exposition à la chaleur ;
- 2) les effets sanitaires dus à la chaleur : définitions du coup de chaleur, description de plusieurs vagues de chaleur décrites dans la littérature, étude des facteurs pouvant moduler la survenue des effets sanitaires dus à la chaleur (facteurs de risque ou facteurs protecteurs) ;
- 3) la revue des actions de protection et de prévention contre les vagues de chaleur mises en place dans d'autres pays (« plans chaleur ») et de leur efficacité éventuelle.

### 1. Evaluation de l'exposition à la chaleur

#### 1.1. Les indicateurs météorologiques

Pour appréhender l'impact de la chaleur sur le corps humain, les mesures météorologiques telles que la température moyenne, minimale ou maximale, peuvent être utilisées directement comme indicateur de l'exposition. Cependant, d'autres paramètres météorologiques comme la vitesse du vent ou le niveau de rayonnement ou non météorologiques tels que le niveau d'activité physique, l'habillement ou l'adaptation physiologique doivent être pris en compte pour mieux appréhender cet impact (3). Des indices biométéorologiques, construits en combinant d'autres paramètres à la température, ou des indices d'exposition fondés sur les masses d'air ont donc également été utilisés comme indicateurs de l'exposition à la chaleur.

#### Les mesures météorologiques

La température extérieure a été utilisée comme indicateur de l'exposition à la chaleur dans les études épidémiologiques alors que dans les pays industrialisés, les personnes passent une grande partie de leur journée en intérieur sur les lieux de travail ou à domicile (retraités). La température enregistrée sur une zone géographique spécifique n'est pas représentative de la température à laquelle sont réellement exposées les personnes présentes dans cette zone. Cependant, la mesure de la température ambiante est le meilleur déterminant de la variation de l'exposition des populations au cours du temps (4).

Si les températures maximales et minimales sont des indicateurs intéressants pour caractériser la vague de chaleur d'août 2003, la température moyenne sur 24 h est un bon indicateur d'exposition à la chaleur car elle prend en compte la température minimale indicatrice de repos nocturne (5). Cette température moyenne deviendrait critique lorsqu'elle s'élève de plus de 7°C au-dessus de la normale (5;6).

L'impact de la chaleur sur la santé est lié aussi au niveau d'humidité de l'air, des taux d'humidité élevés pouvant influencer sur la sensation de fortes températures et accentuer la gêne ressentie. Par exemple, pour une température enregistrée de 29°C, la température ressentie sera de 26°C pour une hygrométrie nulle et de 40°C pour un taux d'humidité dans l'air de 98 % (6). Cependant, en ce qui concerne la vague de chaleur d'août 2003, du fait de la sécheresse, les taux d'humidité ne fournissent pas d'indications particulières, étant globalement inférieurs aux taux des années précédentes.

#### Les indices biométéorologiques ou « indices de confort »

La température et l'humidité ne sont pas toujours des indicateurs représentatifs des efforts imposés à l'organisme et des risques d'accidents pathologiques en résultant. D'autres éléments climatologiques sont à prendre en compte, ce qui se traduit par la création d'indices biométéorologiques (encore appelés « indices de confort ») pour évaluer les risques sanitaires inhérents aux vagues de chaleur. Parmi ces indices, on a considéré l'humidex et la température apparente (AT), qui prennent en compte la

température du point de rosée<sup>5</sup> et l'indice d'inconfort (DI), qui prend en compte le taux d'humidité (5;7;8). Aux Etats-Unis, les indices de chaleur (Hi) (version modifiée de la température apparente) diurnes et nocturnes sont utilisés, ce qui permet de prendre en compte la température minimale en plus de l'humidité (3;7). Le détail des formules de calcul des différents indices biométéorologiques figure en annexe 1.

Le niveau des indices biométéorologiques est potentiellement associé aux effets sanitaires suivants (tableau 1).

**Tableau 1.** Effets sanitaires potentiels en fonction des indices de chaleur Hi et Humidex

Indice, °C	Effets sanitaires potentiels
<b>Hi</b>	
26,7-32,0	Fatigue possible après une exposition prolongée et la pratique d'une activité physique
32,1-40,6	Insolation, crampes et épuisement possibles
40,7-54,4	Insolation, crampes et épuisement probables et coup de chaleur possible
>54,4	Coup de chaleur probable suite à une exposition continue
<b>Humidex</b>	
<30	Léger inconfort. Fatigue possible après exposition prolongée et/ou activité physique
30-39	Inconfort. Insolation, crampes, épuisement et coup de chaleur possibles après exposition prolongée et/ou activité physique
40-54	Inconfort majeur. Insolation, crampes et épuisement probables et coup de chaleur possible après exposition continue et/ou activité physique
>54	Extrême danger, coup de chaleur imminent si exposition maintenue

Sources : <http://www.crh.noaa.gov/pub/heat.htm>, <http://www.compumart.ab.ca/resqdyn/articles/humidex.htm>

### Les indicateurs fondés sur les masses d'air

Des techniques de classement des conditions météorologiques en catégories ou masses d'air ont été développées depuis 1995 (8;9). La méthode CSS (classification synoptique spatiale) consiste à classer, chaque jour, les masses d'air dans un des six types définis (polaire sec, modéré sec, tropical sec, polaire humide, modéré humide et tropical humide). Les types de masse d'air sont définis par des combinaisons de six variables (température de l'air, du point de rosée, couverture nuageuse totale, pression au niveau de la mer, vitesse et direction des vents). Les masses d'air peuvent être prévues 48 h à l'avance (10).

## 1.2. Canicule, vague de chaleur : définitions

### Canicule

Aucune définition consensuelle de la « canicule » n'est actuellement disponible ; ce phénomène peut être défini comme le maintien de « fortes » températures pendant plus de 48 heures (6).

La température minimale nocturne élevée semble être un facteur de risque important car ne permettant pas un repos nocturne réparateur. Avant le 15 juin ou après le 15 août, les journées chaudes ne méritent que très rarement le qualificatif de « canicule » car les nuits sont alors suffisamment longues pour que la température s'abaisse bien avant le retour de l'aube (source : Météo France).

### Vague de chaleur

Les définitions varient en fonction des pays.

Les météorologistes français définissent une vague de chaleur comme une période pendant laquelle la température maximale dépasse le seuil de 30,0°C (6).

<sup>5</sup> La température de rosée est la température à laquelle doit être refroidi de l'air humide à température constante pour atteindre la saturation. Dans la nature tout refroidissement en dessous de ce seuil conduit à l'apparition de rosée. (Parcevaux S, Payen D, Samie C, Hallaire M, Mériaux S. Dictionnaire encyclopédique d'agrométéorologie. CILF, Inra, Météo France, 1990).

Les américains définissent une vague de chaleur comme une période pendant laquelle la température maximale dépasse le seuil de 32,2°C pendant trois jours consécutifs (11). Aux Etats-Unis, le National Service of Meteorology a proposé une autre définition basée sur la notion d'indice de chaleur Hi. Une vague de chaleur est définie alors comme la persistance d'un indice de chaleur diurne supérieur ou égal à 40,6°C associé à un indice de chaleur nocturne supérieur ou égal à 26,7°C pendant au moins 48 h (3). Ce seuil est revu à la hausse sur le territoire américain en fonction de la fréquence de dépassement : pour les stations où 1 % des observations dépassent les seuils diurne et nocturne, le seuil est établi au 1<sup>er</sup> percentile des observations (3).

Les britanniques définissent une vague de chaleur à partir d'une augmentation de la température de 4°C au-dessus de la moyenne trentennale du lieu et du mois (6).

L'Institut royal de météorologie des Pays-Bas définit une vague de chaleur comme une période d'au moins cinq jours consécutifs pendant lesquels la température atteint 25°C de minimale et 30°C de maximale pendant au moins trois jours (12).

## 2. Effets sanitaires

L'exposition d'un individu à une température environnementale élevée est susceptible d'entraîner des réactions bénignes ou graves, dues à des réponses inadéquates ou insuffisantes des mécanismes de thermorégulation. Les réponses physiologiques au stress thermique comprennent la transpiration et la vasodilatation périphérique. L'exposition continue à une chaleur élevée mène généralement à l'acclimatation, caractérisée par l'accroissement de la tolérance thermique du corps, qui s'établit habituellement en quelques jours.

### 2.1. Définitions

#### 2.1.1. Coup de chaleur : aspects cliniques, biologiques et pronostiques

Cliniquement on distingue le coup de chaleur (heatstroke), dû à une défaillance ou une inadaptation des mécanismes de déperdition de chaleur et l'épuisement par la chaleur (heat exhaustion), conséquence d'une perte liquidienne excessive, conduisant au choc hypovolémique (13-15).

✓ Le coup de chaleur est caractérisé par un début rapide, parfois précédé de céphalées, vertiges et asthénie. La sudation est généralement diminuée, la peau est chaude et sèche ; la température corporelle s'élève rapidement à 40-41°C ; un épisode de désorientation peut précéder le coma et les convulsions. Les autres signes comprennent tachycardie, hyperventilation, vomissements et hypotension artérielle. Le coup de chaleur constitue une urgence médicale majeure, rapidement mortelle en l'absence de traitement. Des lésions cérébrales définitives ou une insuffisance rénale peuvent survenir au décours de la phase aiguë. Biologiquement on retrouve une élévation des enzymes hépatiques, rénales et musculaires.

*Le coup de chaleur recouvre en fait deux entités nosologiques survenant dans des contextes très contrastés et touchant des populations différentes. Le coup de chaleur dit « classique » se produit à des températures ambiantes très élevées, chez des sujets au repos, généralement aux âges extrêmes de la vie ou débilisés, alors que l'hyperthermie d'effort survient chez des sujets jeunes, au cours d'une activité musculaire intense (sport, travail) pratiquée à des températures ambiantes modérées.*

✓ L'épuisement par la chaleur se manifeste par des céphalées, des nausées, des vomissements, une sensation de malaise, une faiblesse musculaire et des vertiges, accompagnés d'une hypotension. La peau est froide et moite, la température corporelle est inférieure à 40°C. L'évolution se fait vers un collapsus. L'équilibre hydro-électrolytique est perturbé : déshydratation, hyponatrémie, hypokaliémie. L'épuisement par la chaleur est généralement transitoire et répond bien à une réhydratation par voie orale ou par voie intraveineuse ; le pronostic est favorable si la défaillance circulatoire n'est pas prolongée.

#### 2.1.2. Décès par coup de chaleur, décès lié à la chaleur : définitions épidémiologiques

Si la définition clinique d'un « décès par coup de chaleur » est assez consensuelle, ce n'est pas le cas pour la définition épidémiologique d'un « décès lié à la chaleur ».

### Décès par coup de chaleur

Aux Etats-Unis, la National Association of Medical Examiners a proposé de noter « coup de chaleur » (heat stroke) ou « hyperthermie » (hyperthermia) comme cause de décès d'un sujet (16) :

- lorsque la température corporelle au moment du décès est au moins égale à 40,6°C ;
- ou, si la température corporelle au moment du décès est inférieure à 40,6°C, lorsque des tentatives ont été entreprises pour faire baisser la température ou lorsque le sujet avait présenté une altération de l'état mental et un taux sérique élevé d'enzymes hépatiques et musculaires.

Cette définition clinique du décès par coup de chaleur est assez consensuelle aux Etats-Unis. Elle a été utilisée dans les investigations épidémiologiques de plusieurs vagues de chaleur (16;17). Cependant elle apparaît très spécifique – elle ne prend pas en compte tous les décès liés à la chaleur – et sous-estime donc le nombre de décès liés à la chaleur (4;16). Par ailleurs, elle est assez peu opérationnelle en épidémiologie.

### Décès lié à la chaleur

Si la température du corps au moment du décès n'est pas disponible, un diagnostic de « décès lié à la chaleur » (heat related death) peut être établi si la température ambiante est élevée au moment du décès et doit être noté comme cause principale ou associée du décès (16). Néanmoins, Basu *et al.* (2002) soulignent que, le plus souvent, la chaleur n'apparaît pas comme une cause (principale ou associée) du décès et que seule la pathologie sous-jacente est notée comme cause du décès, entraînant là encore une sous-estimation du nombre de décès liés à la chaleur dans les statistiques de décès (4).

De façon plus large, la National Association of Medical Examiners définit un « décès lié à la chaleur », un décès survenant quand l'exposition à des températures élevées a causé le décès ou a fortement contribué à ce décès (16). Cette définition très large peut être sujette à des biais de classification et être à l'origine d'une surestimation des décès liés à la chaleur au moment d'une vague de chaleur (4).

Les décès liés directement à la chaleur (coup de chaleur avec atteinte du système nerveux central ou hyperthermie sans atteinte neurologique, code T67.0 de la 10<sup>ème</sup> révision de la classification internationale des maladies) ou indirectement liés à la chaleur sont sous-représentés dans les statistiques, en général. Au moment d'une vague de chaleur au contraire, ils peuvent être surreprésentés. La mortalité totale est donc l'indicateur sanitaire le plus souvent utilisé pour évaluer l'impact d'une vague de chaleur (4).

## 2.2. Description de quelques vagues de chaleur

Les grandes vagues de chaleur survenues dans les pays occidentaux au cours des trente dernières années ainsi que leur impact sanitaire ont été largement documentés dans la littérature, notamment celles qui ont touché les Etats-Unis, le continent nord américain ayant été plus fréquemment concerné par ce phénomène climatique.

### 2.2.1. Impact sanitaire en terme de mortalité totale

Les principales vagues de chaleur survenues en Europe et aux Etats-Unis et leur impact sur la mortalité totale sont décrits dans le tableau 2.

**Tableau 2.** Surmortalité en population générale (tous âges) dues aux différentes vagues de chaleur survenues en France, en Europe et aux Etats-Unis

Vague de chaleur : lieu, période, durée (jours)	Evaluation de la surmortalité totale				Réf.
	Période (nombre de jours)	Mortalité attendue, n	Surmortalité estimée, n	Surmortalité estimée, %	
<u>France</u>					
France, juin-juillet 1976, 14 j	Vague de chaleur (14)	~20 000	6 000	30	(1)
Marseille, juillet 1983, 10 j	Vague de chaleur (10)	273	300	110	(18)
<u>Europe</u>					
Athènes, juillet 1987, 10 j	Vague de chaleur (10)	2 083	2 010	97	(19)
Belgique, fin juin-début août 1994, 42 j	Vague de chaleur (42)	11 324	1 404	12	(20)
Angleterre et Pays de Galles, été 1995, 5 j	Vague de chaleur (5)	6 982	768	11	(21)
<u>Etats-Unis</u>					
Los Angeles, sept 1939, 9 j	Vague de chaleur (9)	504	546	108	(22)
Los Angeles, sept 1955, 9 j	Vague de chaleur (9)	778	946	122	(22)
New York, juillet 1972, 7 j	Vague de chaleur (7)	1 428	891	62	(22)
Saint-Louis, juillet 1980, 16 j	Juillet 1980 (31)	542	308	57	(23;24)
Kansas City, juillet 1980, 17 j	Juillet 1980 (31)	362	598	65	(23;24)
Chicago, juillet 1995, 7 j	14-20/07/95 (7)	504	739	147	(22)

La comparaison de la surmortalité due aux différentes vagues de chaleur survenues est difficile à faire compte tenu des différences méthodologiques qui ont conduit à ces estimations (définition d'une vague de chaleur – différente selon les pays – choix de la période d'évaluation de l'impact sanitaire, de la période de référence, de la population d'étude).

En France, deux vagues de chaleur sont documentées : celle de 1976, qui a touché largement le territoire métropolitain et celle de 1983, limitée aux Bouches-du-Rhône (tableau 2). En 1976, près de 6 000 morts en excès sur l'ensemble du territoire français ont été estimés durant la période caniculaire de 1976 par rapport à la moyenne des décès observés pendant les trois années précédentes sur la même période (1). En 1983, une vague de chaleur a touché la basse vallée du Rhône au sud d'Orange et toute la Provence. Si l'évaluation de l'impact sanitaire de la vague de chaleur n'a pu être réalisée qu'à Marseille (300 décès en excès entre le 22/07 et le 31/07/1983 par rapport à la période correspondante des années 1978-1982), il semble bien que seule une zone autour de Marseille, caractérisée par des températures maximales et minimales très élevées (la température moyenne était de l'ordre de 30°C), ait été touchée (18). Dans deux autres villes de la région, les données disponibles ne montraient pas de surmortalité ; ces deux villes étaient caractérisées par des températures maximales très élevées mais des températures minimales inférieures à 20°C (17°C en moyenne sur la période d'étude) (18).

Le délai écoulé entre les premiers signes cliniques et l'hospitalisation ou le décès par coup de chaleur est court : lors de la vague de chaleur survenue aux Etats-Unis en juillet 1980, 74 % des sujets avaient présenté des symptômes peu inquiétants (légères céphalées, vertiges, malaises, éventuellement paresthésies des extrémités et plus rarement frissons) dans la journée précédente et 83 % dans les deux jours précédents (24).

### 2.2.2. Mortalité indirecte liée à des pathologies chroniques sous-jacentes

Les maladies cardiovasculaires seraient à l'origine de 26 % des décès liés à la chaleur (6;25). Les causes de décès les plus fréquentes sont alors l'infarctus du myocarde et l'insuffisance cardiaque décompensée qui comptent pour 13 à 72 % de la surmortalité lors des vagues de chaleur (6). Les accidents vasculaires cérébraux représenteraient 6 à 52 % de la surmortalité.

Deux vagues de chaleur se sont succédées dans le comté de Milwaukee (Wisconsin) aux Etats-Unis en 1995 et 1999 (17;26). La première cause de décès notifiée lors de ces deux épisodes était d'origine cardiovasculaire : 51 % des cas en 1995 et 64 % en 1999. Parmi les décédés, 16 à 18 % des sujets étaient traités par psychotropes et, parmi ces derniers, tous sauf un étaient âgés de moins de 65 ans (26). Enfin, parmi les personnes âgées de moins de 65 ans décédées, 64 % présentaient une maladie mentale (17).

Outre les pathologies citées précédemment, la chaleur est susceptible de contribuer au décès de sujets porteurs d'autres types de pathologies. Pendant la vague de chaleur de l'été 1994 en Belgique dans les régions wallonnes et flamandes, l'excès de mortalité était dû aux cancers : ratio de mortalité de 1,15, intervalle de confiance à 95 % : [1,07-1,24] en Wallonie et de 1,16 [1,10-1,22] en Flandres, et aux maladies du système nerveux central : ratio de mortalité de 1,52 [1,30-1,78] en Wallonie et de 1,40 [1,14-1,70] en Flandres (27).

### 2.2.3. Mortalité retardée

L'impact d'une vague de chaleur a des effets immédiats mais peut aussi entraîner des effets plus ou moins retardés.

En 1995, une vague de chaleur a fait de nombreuses victimes à Chicago. Le pic du nombre de décès est survenu deux jours après le jour pendant lequel la température a été la plus élevée (22;28;29). Le pic du nombre de visites aux services d'urgence (3 300) est survenu 24 h après le jour où la température apparente a été la plus élevée (30). La mortalité est revenue au niveau de base au bout de quatre jours (29).

Une étude réalisée à Valence (Espagne) a montré que l'effet le plus marqué d'une vague de chaleur sur la mortalité était visible dans la semaine suivante ; cependant, pour la mortalité liée aux maladies respiratoires, l'effet est plus marqué dans un délai de 7 à 14 jours après la vague de chaleur (31).

Le tableau 3 présente l'augmentation de la mortalité estimée aux Pays-Bas entre 1979 et 1987, pour une augmentation de 1°C au-dessus de 16,5°C pour la période considérée (au jour de la vague de chaleur, 1 à 3 jours après, 3 à 6 jours après, 7 à 14 jours après et 15 à 30 jours après) ainsi que l'effet cumulé pour différentes causes de décès (25). L'augmentation de la mortalité toutes causes est perceptible pendant les trois jours suivant le pic de chaleur, puis on observe une sous-mortalité. La tendance est la même pour la mortalité cardiovasculaire. La mortalité par maladies respiratoires reste élevée pendant les 15 premiers jours, puis on observe une sous-mortalité, mais statistiquement non significative.

**Tableau 3.** Association entre la température et la mortalité, par cause de décès, aux Pays-Bas (1979-1987)

Causes de décès	Effet thermique simple (%) <sup>a</sup>					
	J <sub>0</sub>	J <sub>1</sub> -J <sub>3</sub>	J <sub>4</sub> -J <sub>6</sub>	J <sub>7</sub> -J <sub>14</sub>	J <sub>15</sub> -J <sub>30</sub>	J <sub>0</sub> -J <sub>30</sub>
Toutes causes	1,76 <sup>d</sup>	1,23 <sup>d</sup>	-0,14	-0,49 <sup>d</sup>	-0,51 <sup>d</sup>	1,85
Cancers	1,33 <sup>d</sup>	0,80 <sup>c</sup>	-1,08 <sup>d</sup>	-0,91 <sup>c</sup>	0,03	0,17
Maladies cardiovasculaires	1,75 <sup>d</sup>	1,13 <sup>d</sup>	-0,17	-0,75 <sup>c</sup>	-0,89 <sup>c</sup>	1,07
Maladies respiratoires	3,31 <sup>d</sup>	3,11 <sup>d</sup>	3,08 <sup>d</sup>	1,73 <sup>b</sup>	-0,79	10,44
Autres maladies	1,79 <sup>d</sup>	1,56 <sup>d</sup>	0,30	0,09	-0,33	3,41
Causes externes	2,46 <sup>d</sup>	1,28 <sup>b</sup>	0,62	-0,19	-0,75	3,42

<sup>a</sup> Effet thermique simple : augmentation de la mortalité pour une augmentation de 1°C au-dessus de 16,5°C pour la période considérée (J<sub>0</sub> : le jour même, J<sub>1</sub>-J<sub>3</sub> : un à trois jours après, etc.) ; <sup>b</sup> p<0,05 ; <sup>c</sup> p<0,01 ; <sup>d</sup> p<0,001

Source : Kunst *et al.* (1996) (25)

Certaines études décrivent une sous-mortalité pendant plusieurs semaines suivant une vague de chaleur. Cette compensation de la mortalité suggère que les décès survenus pendant la vague de chaleur sont des décès anticipés de personnes fragilisées (12). Selon certaines estimations, une proportion de 20 à 40 % des décès attribuables aux vagues de chaleur correspondrait à un déplacement de la mortalité (10).

Une étude de la relation mortalité – température entre 1979 et 1997 aux Pays-Bas a mis en évidence un déficit de mortalité toutes causes pendant trois ou quatre semaines après les quatre vagues de chaleur identifiées dans ce pays (1983, 1990, 1995 et 1997) et un excès de la mortalité toutes causes après les vagues de chaleur de 1982 et 1994 (12).

Cependant d'autres études font état de l'effet inverse, c'est-à-dire que la mortalité reste élevée même après la fin de la vague de chaleur. En 1983, à Marseille, suite à la vague de chaleur de la fin juillet, une surmortalité de l'ordre de 15 % a été observée sur l'ensemble de l'été par rapport aux quatre années précédentes (18).

Les vagues de chaleur survenant au début de l'été sont souvent plus meurtrières que les vagues de chaleur plus tardives. Les personnes les plus sensibles sont touchées lors de ces premières vagues de chaleur, les personnes plus résistantes survivent (32;33). Par ailleurs, les personnes affaiblies lors des premières vagues de chaleur s'adaptent à la chaleur ou adoptent des comportements très prudents vis-à-vis des élévations de température (4).

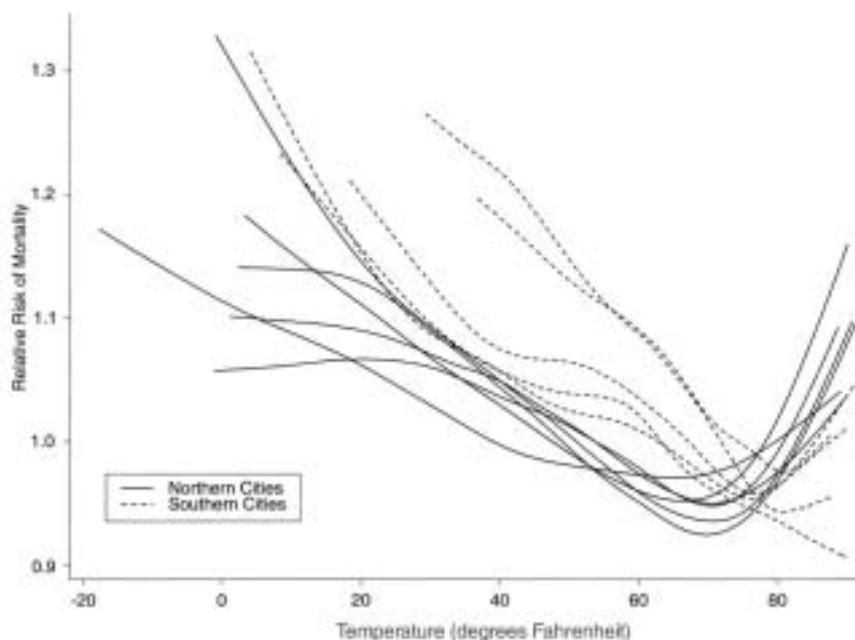
## 2.2.4. Etude de la relation mortalité-température

### Seuil de température-influence de la latitude

Les différentes études réalisées sur le sujet mettent en évidence une relation en forme de V entre mortalité et température : il existe une température optimale pour laquelle la mortalité est minimale. Les études de séries chronologiques évoquent la notion de seuil de température au-delà duquel la mortalité augmente. La manière de déterminer ce seuil de température varie d'un auteur à l'autre. On remarque cependant que ce seuil augmente à mesure qu'on descend vers les faibles latitudes dans les régions bénéficiant d'un climat plus chaud.

La figure 1 présente les résultats d'une étude réalisée par Curriero *et al.* (2002) dans 11 grandes villes de l'Est des Etats-Unis sur la période 1973-1994 (34). La température à partir de laquelle la mortalité augmente est plus élevée pour les villes du Sud et la pente des courbes est plus forte pour les villes du Nord après le point de rupture. Cette forme en V de la relation entre la mortalité toutes causes et la température se retrouve pour la mortalité cardiovasculaire et respiratoire, mais pas pour les autres causes de mortalité.

**Figure 1.** Relation entre mortalité et température pour 11 villes des Etats-Unis, 1973-1974



Villes du nord : Boston, Massachusetts ; Chicago, Illinois ; New York, New York ; Philadelphia, Pennsylvanie ; Baltimore, Maryland ; et Washington, DC. Villes du sud : Charlotte, Caroline du Nord ; Atlanta, Georgie ; Jacksonville, Floride ; Tampa, Floride ; et Miami, Floride. ( $^{\circ}\text{C} = 5/9 \times (^{\circ}\text{F} - 32)$ ).

Source : Curriero *et al.* (2002) (34)

Une étude de la mortalité en fonction de la température réalisée à Londres entre 1976 et 1996 illustre également ce phénomène : l'augmentation des décès liés à la chaleur a été observée à partir de 19°C. La relation température – mortalité était linéaire ensuite sauf pour les périodes de très fortes chaleurs pour lesquelles la mortalité augmentait plus fortement (35).

La mortalité associée à la chaleur est similaire dans les pays européens présentant des hivers plus ou moins froids (36). Cependant, le seuil de température pour lequel une surmortalité apparaît est plus élevé dans les pays présentant des étés chauds (41°C à Séville, 36,5°C à Madrid) (32;33;36).

Une étude réalisée dans diverses régions européennes montre que la température pour laquelle la mortalité associée est la plus faible est plus élevée dans les pays plus chauds : la limite supérieure de la bande de 3°C, zone pour laquelle la mortalité est la plus faible, était de 17,3°C en Finlande du Nord, de 22,3°C à Londres et de 25,7°C à Athènes (37). A Valence, la mortalité est la plus faible lorsque la température se situe entre 22°C et 25°C (31).

Une étude de la mortalité liée à la température aux Pays-Bas entre 1979 et 1987 a mis en évidence une association significative au seuil 5 % entre l'augmentation de la température (1°C au-dessus de 16,5°C) et l'augmentation de la mortalité toutes causes, par cancer, par maladies cardiovasculaires, par maladies respiratoires le jour de l'augmentation de la température et les deux jours suivants (25).

La persistance d'une température ambiante élevée entraîne une augmentation de l'excès de mortalité ; de plus les effets sont perceptibles même si le seuil de température est dépassé pendant un jour seulement (17;32).

### Impact de l'élévation de la température

Plusieurs études ont été réalisées sur de longues périodes pour documenter la relation entre mortalité et température. L'élévation de la température est associée de manière significative à l'augmentation des décès. Les méthodes de quantification de cette surmortalité sont diverses.

L'étude de la relation mortalité-température de Curriero *et al.* (2002), réalisée dans 11 grandes villes de l'Est des Etats-Unis de 1973 à 1994, a mis en évidence, en été, une augmentation de 40 % de la mortalité (34).

Lors d'une étude réalisée sur la mortalité journalière dans sept grandes villes des Etats-Unis entre 1988 et 1993 (38), la surmortalité globale associée à une température apparente de 29°C était de 5,0 % [3,1-7,0]. Une augmentation de 10,1 % [6,2-14,2] des décès survenus en dehors de l'hôpital a été observée alors que la mortalité hospitalière augmentait de façon non significative de 1,3 %.

Une étude réalisée à Londres montre une augmentation de 5,71 % [4,30-7,15] de la mortalité pour une augmentation de 1°C au-delà du 99<sup>ème</sup> percentile de la température moyenne (23,3°C) (35). Les auteurs signalent cependant que l'augmentation de la mortalité était perceptible pour une augmentation de 1°C au-delà des 95<sup>ème</sup> et 90<sup>ème</sup> percentiles de la température moyenne (20,6°C et 18,9°C respectivement). Pour la vague de chaleur de l'été 1976, l'augmentation de la mortalité a atteint 6,73 % [4,57-8,93] pour chaque degré au-delà de cette température. Cette définition permet d'identifier seulement 39 jours chauds sur la période 1976-1996 (la vague de chaleur de l'été 1976 n'est pas comprise).

Une étude réalisée aux Pays-Bas entre 1979 et 1997 montre une surmortalité de 12,1 % en moyenne pour les différentes vagues de chaleur recensées dans cette période, selon la définition de l'Institut royal de météorologie des Pays-Bas, l'excès de mortalité maximum (24 %) ayant été observé en 1994 lors de la vague de chaleur la plus longue (13 jours) (12). Cet excès de mortalité est surtout perceptible chez les personnes âgées de plus de 65 ans.

Aux Etats-Unis, entre 1979 et 1996, le nombre de décès moyen annuel attribué à la chaleur est de 381, soit un taux de mortalité ajusté sur l'âge de 2 pour 10<sup>6</sup> personnes-années (39).

Le tableau 4 récapitule l'impact de l'élévation de la température sur la mortalité.

### 2.2.5. Co-morbidité

La chaleur peut, dans certains cas, aggraver une maladie déjà installée. Le système cardiovasculaire semble être le plus touché ; viennent ensuite les voies respiratoires et urinaires.

La vague de chaleur survenue à Saint-Louis et Kansas City en 1980 a entraîné une progression de 14,3 % et de 7,6 % de l'activité des services d'urgence des hôpitaux de ces deux villes (10 et 14 hôpitaux ont été étudiés respectivement, soit 79,2 % et 93 % de l'ensemble des lits réservés aux soins d'urgence) lorsqu'on compare les mois de juillet 1979 et 1980. Les admissions hospitalières « toutes causes » hors services d'urgence ont aussi progressé en juillet 1980 de 5,1 % à Saint-Louis et de 1,5 % à Kansas City (24).

Le tableau 5 présente l'évolution des motifs d'admission hospitalière lors de la vague de chaleur de juillet 1980 survenue dans l'Etat du Missouri (24).

**Tableau 4.** Impact de l'élévation de la température sur la mortalité

Pays	Date	Surmortalité (%)	Seuil ou indicateur de température	Réf.
7 villes US	1988-1993	+5,0	AT <sup>a</sup> ≥ 29°C	(38)
Londres	1976-1996	+5,7	Augmentation de 1°C au-delà du 99 <sup>ème</sup> percentile de la température moyenne (23,3°C)	(35)
Londres	1976-1996	+3,3	Augmentation de 1°C au-delà du 97 <sup>ème</sup> percentile de la température moyenne (21,5°C)	(35)
Londres	1976	+6,7	Augmentation de 1°C au-delà du 99 <sup>ème</sup> percentile de la température moyenne (23,3°C)	(35)
Pays-Bas	1979-1997	+12,1	Vagues de chaleur définies selon l'Institut national de météorologie	(12)

<sup>a</sup> Température apparente

**Tableau 5.** Evolution des motifs d'admission hospitalière à Kansas city et à Saint-Louis (Missouri) lors de la vague de chaleur de juillet 1980 par rapport à juillet 1979

Motifs d'admission	Kansas City	Saint-Louis
Troubles mentaux	+18,3 %	+15,6 %
Cardiopathies ischémiques	+20,0 %	+15,2 %
Hypertension, troubles du rythme	+16,7 %	+11,1 %
Accidents vasculaires cérébraux	+15,3 %	+16,0 %
Affections des voies respiratoires	+17,2 %	+14,4 %
Suicides et tentatives	+21,5 %	+16,8 %
Crise urémique	+13,3 %	+11,0 %
Diabète	+12,9 %	+13,3 %
Maladies du système digestif	-10,4 %	-12,7 %
Maladies des voies urinaires	-14,6 %	-15,1 %

Source : Jones *et al.* (2003) (24)

La vague de chaleur survenue dans le Nord-Est des Etats-Unis entre le 12 et le 20 juillet 1995 a entraîné à Chicago une augmentation de 11 % des hospitalisations. Déshydratation (25 %), coup de chaleur (22 %) et épuisement (15 %) étaient les principales causes d'hospitalisation ; l'analyse a mis en évidence une augmentation des admissions chez les personnes atteintes d'affections chroniques : maladies cardiovasculaires (23 %), diabète (30 %), pathologies rénales (52 %), troubles du système nerveux central (20 %), emphysème et épilepsie (40).

## 2.3. Etude des facteurs pouvant moduler l'impact de la chaleur

### 2.3.1. Facteurs individuels

#### Age

Les personnes âgées et les très jeunes enfants constituent les populations les plus à risque lors de la survenue de vagues de chaleur. Ces deux populations sont plus sensibles à la déplétion hydrique et possèdent des mécanismes de régulation thermique fragiles.

### ✓ Personnes âgées

La personne âgée n'éprouve la sensation de chaleur et ne ressent le besoin de se protéger qu'à partir d'une élévation de 5°C de sa température cutanée contre 0,5°C chez l'adulte ; le seuil de déclenchement de la sudation est également plus élevé, avec diminution du volume de la sécrétion sudorale en ambiance chaude (6;24). En outre, le besoin de boire est de moins en moins bien perçu avec l'âge, une déshydratation modérée n'entraînant peu ou pas de sensation de soif après 70 ou 75 ans (6).

La mortalité liée à la chaleur est plus élevée chez les personnes âgées.

En France, lors de la vague de chaleur de juillet 1983, la surmortalité durant la vague de chaleur a été plus importante chez les plus de 60 ans (+139 %) que chez les moins de 60 ans (+27 %) (18).

Lors d'une étude réalisée sur la mortalité journalière dans sept grandes villes des Etats-Unis entre 1988 et 1993, la surmortalité chez les personnes âgées de plus de 65 ans était de 5,6 % [1,2-10,2] et de 4,8 % [3,1-6,6] chez les personnes âgées de moins de 65 ans (38).

Deux vagues de chaleur se sont succédées dans le comté de Milwaukee (Wisconsin) aux Etats-Unis en 1995 et 1999. Ces vagues de chaleur ont entraîné 91 et 11 décès respectivement. La majorité des cas était âgée de plus de 65 ans lors des deux épisodes (67 % et 73 % respectivement) (26).

Lors de la vague de chaleur de juillet 1995 à Chicago, le rapport du nombre de décès par hyperthermie chez les plus de 65 ans à celui des moins de 65 ans s'établissait à 14,55 [11,92-17,77] ( $p < 0,001$ ) (22). Pour la mortalité toutes causes, ce rapport, calculé sur les années 1992-1994, était de 9,42 [9,18-9,66] ( $p < 0,001$ ).

La mortalité augmente avec l'âge : une étude réalisée à Séville montre qu'une augmentation de 1°C au-dessus du seuil de 41°C entraîne une augmentation de 38 % de la mortalité chez les personnes âgées de plus de 65 ans et de 51 % chez les personnes âgées de plus de 75 ans (33). Cependant une autre étude a mis en évidence une mortalité liée à la chaleur légèrement plus faible dans les classes d'âge 65-74 ans et 75-84 ans comparativement à la classe des 55-64 ans, dont l'explication pourrait être une exposition professionnelle à des températures élevées dans cette dernière classe d'âge (36).

Un excès de mortalité de 13 % a été observé chez les personnes âgées de moins de 65 ans lors d'une vague de chaleur survenue en Belgique pendant l'été 1994 (27). A Chicago, durant la vague de chaleur de juillet 1999, 67 % des personnes décédées avaient plus de 65 ans contre 73 % en 1995 (26). Cette différence a été attribuée aux mesures de prévention mises en place en direction des personnes âgées après la vague de chaleur de 1995.

### ✓ Enfants

Les très jeunes enfants constituent aussi, *a priori*, des sujets à risque lors d'une vague de chaleur, notamment les enfants porteurs de pathologies comme les diarrhées, les infections respiratoires et certaines affections neurologiques (41). Cependant, l'information des parents sur ce sujet a permis de réduire considérablement la mortalité des enfants par rapport à celle observée au début du siècle (42). Besancenot (2002) rapporte qu'aux Etats-Unis, entre 1979 et 1997, 4 % de la surmortalité a touché des enfants de moins de 15 ans et que les seules exceptions concernent les prématurés, les handicapés mentaux et les milieux défavorisés (6). En France, les vagues de chaleur de 1976 et de 1983 n'ont pas entraîné de surmortalité chez les nourrissons (moins de 1 an) (1;18).

### Sexe

La surmortalité due aux vagues de chaleur touche différemment les hommes et les femmes selon les études.

D'une façon générale, alors que les femmes sont plus touchées en Europe, cette tendance est inversée aux Etats-Unis ou au Canada (6). Une vague de chaleur survenue en Angleterre et au Pays de Galles a été à l'origine d'une mortalité plus élevée chez les femmes (21). En France, la surmortalité observée lors de la vague de chaleur de 1983 était de +194 % chez les femmes de plus de 60 ans contre +86 % chez les hommes de même âge (18). En 1976, Hémon et Jouglu (2003) décrivent également une surmortalité à prédominance féminine chez les personnes âgées de plus de 75 ans (1). Il est à noter cependant que l'investigation de la vague de chaleur de Marseille a montré une surmortalité féminine chez les plus de 60 ans alors qu'elle touchait également les deux sexes chez les moins de 60 ans (de l'ordre de 27 %) (18).

Aux Etats-Unis, il est plutôt observé une surmortalité masculine. Lors de la vague de chaleur de juillet 1995 à Chicago, après standardisation, le sex-ratio hommes-femmes des décès par hyperthermie était de 2,53, ce même rapport étant de 1,91 [1,85-1,96] pour les années 1992-1994 ( $p < 0,001$ ) (22). En 2001, lors d'une vague de chaleur survenue dans quatre Etats des Etats-Unis 73 % des victimes étaient des hommes (43). Cependant, des exceptions existent comme cette vague de chaleur de 1984 qui a tué principalement des femmes de plus de 65 ans vivant seules chez elles à New York (44).

## Acclimatation physiologique

L'acclimatation physiologique des individus semble être un facteur important susceptible de moduler l'impact d'une vague de chaleur. L'adaptation à la chaleur se traduit par un abaissement de 34,5 à 32,7°C du seuil de température cutanée à partir duquel se déclenche la sudation, par une augmentation du volume de celle-ci et par une réduction de la perte en ions sodium par la sueur. De fait, ce sont souvent les premiers jours des grandes vagues de chaleur qui se révèlent les plus meurtriers et lorsque plusieurs périodes caniculaires se succèdent au cours d'un même été, la mortalité décroît au cours des vagues successives (45).

## Prise de médicaments et de drogues

Les traitements par diurétiques, neuroleptiques (qui interfèrent avec les mécanismes de thermorégulation) ou par médicaments à propriétés anticholinergiques (atropine, spécialités à base de belladone, certains antiparkinsoniens, certains antihistaminiques, antidépresseurs tricycliques) constituent un facteur de risque lors d'une vague de chaleur.

La consommation d'alcool pourrait également constituer un facteur de risque. En effet, l'alcool inhibe la sécrétion d'ADH (hormone antidiurétique) et entraîne une polyurie, pouvant ainsi provoquer une relative déshydratation (24;45).

Des interrogations existent quant à l'impact des vagues de chaleur chez les usagers de drogues (6).

## Etat de santé général

L'étude cas-témoin réalisée suite à la vague de chaleur de l'été 1995 à Chicago a mis en évidence un risque accru de décès chez les sujets alités (odds-ratio (OR) de 5,5 [2,5-12,1]), les sujets recevant des soins infirmiers à domicile (OR = 6,2 [2,9-13,4]) ainsi que ceux ayant perdu leur autonomie (OR = 4,1 [2,0-8,5]). Ces indicateurs permettent de définir des sujets dont l'état de santé peut être considéré comme médiocre et qui constituent une population particulièrement vulnérable. Les autres facteurs de risque identifiés par cette étude étaient principalement les antécédents de maladies cardiovasculaires (OR = 2,3 [1,5-3,6]), d'affections respiratoires (OR = 2,2 [1,0-4,9]) et psychiatriques (OR = 3,5 [1,7-7,3]) (29). L'obésité pourrait être un facteur aggravant de la vulnérabilité au coup de chaleur (45).

## Mode de vie et contacts sociaux

Semenza *et al.* (1996) ont montré que les modes de vie et les contacts sociaux constituaient des facteurs pouvant moduler l'impact d'une vague de chaleur. Ainsi les personnes vivant seules présentaient un risque accru de décès (OR = 2,3 [1,2-4,4]), l'interrogation des témoins a montré que les personnes ne vivant pas seules buvaient davantage et prenaient des bains (29).

Le fait de pouvoir se déplacer et quitter son domicile était un facteur protecteur (OR = 0,3 [0,1-0,5]) (29).

Lors de la vague de chaleur de 1999 à Chicago, 53 % des personnes décédées avaient eu un contact oral ou visuel avec un membre de leur famille dans la majorité des cas ou avec un travailleur social, le jour même ou le jour précédant la mort (17). Le risque de décès pour une personne vivant seule ou ne quittant pas son domicile quotidiennement était élevé : OR = 8,1 [1,4-48,1] et OR = 5,8 [1,5-22,0] respectivement (17).

## Statut social

Différentes études ont montré que les personnes ayant un revenu faible présentent un risque accru de décéder lors d'une vague de chaleur (4;17). Les différences de mortalité observées entre les ethnies dans les études américaines pourraient être liées aux différences de statut social entre communautés.

Lors d'une étude réalisée sur la mortalité journalière dans sept grandes villes des Etats-Unis entre 1988 et 1993, la surmortalité s'élevait à 5,2 % [1,8-8,7] chez les personnes ayant un niveau d'études inférieur ou égal à l'équivalent du lycée (38). Par ailleurs, l'étude de Curriero *et al.* (2002), réalisée dans 11 grandes villes de l'Est des Etats-Unis, a mis en évidence une association entre deux indicateurs de faible niveau socio-économique (le pourcentage d'individus n'ayant pas suivi d'études secondaires et le pourcentage d'individus à faibles revenus) et la surmortalité en période caniculaire, cette association persistant après ajustement sur la latitude de la ville (34).

Le tableau 6 présente l'incidence des coups de chaleur en fonction de la catégorie socio-économique lors de la vague chaleur qui a touché le Missouri en juillet 1980 (24).

**Tableau 6.** Incidence (pour 100 000 personnes) des coups de chaleur en fonction de la catégorie socio-économique basée sur le lieu de résidence, Missouri, juillet 1980

Catégorie socio-économique	Kansas City	Saint-Louis
Inférieure	36,5	55,8
Moyenne à inférieure	23,0	44,5
Moyenne à supérieure	5,3	19,6
Supérieure	6,5	8,1

Source : Jones *et al.* (2003) (24)

### 2.3.2. Facteurs environnementaux

#### Proximité de la mer

La proximité de la mer semble jouer un rôle protecteur important vis-à-vis de la mortalité lors des vagues de chaleur. En France, dans le cadre de l'investigation de la vague de chaleur de 1976, la mortalité des mois de juin-juillet 1976 par rapport à 1975 était, en moyenne, diminuée de 5 % dans les villes situées en bord de mer alors qu'elle était augmentée de 4 % et de 9 % pour les villes proches de la mer ou dans l'intérieur des terres respectivement (46).

L'influence bénéfique de la proximité de la mer peut s'expliquer par le fait que la variation des minima de températures est moindre dans les zones côtières. En été, en temps normal, la mer est plus chaude que la terre. En période de fortes chaleurs, lorsque les températures minimales nocturnes terrestres sont plus élevées que les températures maritimes, la présence de la mer favorise le refroidissement (46).

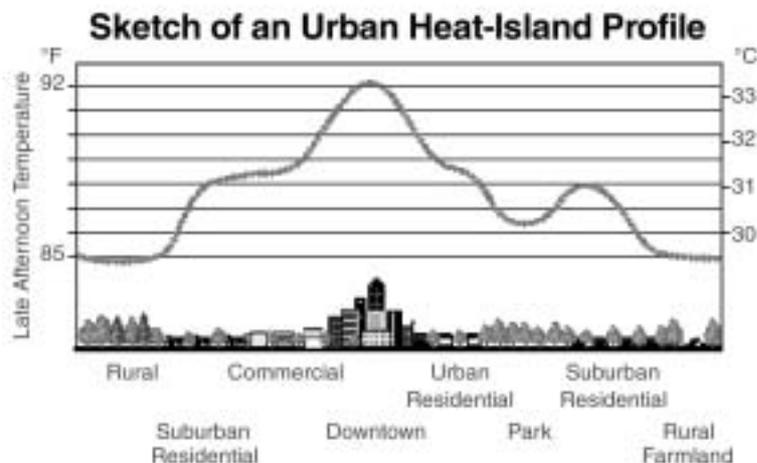
Enfin, la présence de vent le long des côtes permet le renouvellement de l'air et favorise l'impression de fraîcheur (46).

#### Taille de l'agglomération

Lorsqu'on s'affranchit de l'influence bénéfique de la proximité de la mer lors des vagues de chaleur, la taille de l'agglomération semble être un facteur de risque : la variation moyenne du taux de mortalité entre 1975 et 1976 a été de +4 % dans les villes de moins de 50 000 habitants, de +11 % pour les villes hébergeant entre 50 000 et 200 000 habitants et de +18 % pour les agglomérations de plus de 200 000 habitants (46).

La surmortalité due à la chaleur se concentre dans les grandes agglomérations : les activités humaines sont sources de chaleur, le grand nombre de constructions ralentit le vent, l'absence ou la rareté de la végétation réduit l'évapotranspiration, tous ces facteurs concourant à l'apparition d'îlots de chaleur, avec maintien de températures nocturnes élevées (6;21). S'ajoute à cela la présence de façades verticales qui ralentit le phénomène de déperdition nocturne par rayonnement de la chaleur emmagasinée dans la journée par les murs et revêtements de chaussée à fort pouvoir absorbant, comme par exemple les murs en brique des villes nord-américaines. La pollution atmosphérique forme par ailleurs une chape au-dessus des villes qui renvoie la chaleur ; ainsi la conjonction de l'ensemble de ces facteurs contribue à la création d'îlots de chaleur (« heat islands », figure 2). Les données des stations météorologiques, situées en général en zone suburbaine, ne représentent pas correctement le niveau de chaleur auquel la population est exposée (6). Par exemple, au Parc de St Maur (94) en banlieue parisienne, les températures minimales moyennes mensuelles sont inférieures d'un degré à celles enregistrées à Paris-Montsouris (source : Météo France).

Figure 2. Illustration de l'îlot de chaleur urbain



Source : Berkeley National Laboratory, <http://eetd.lbl.gov/HeatIsland/HighTemps/>

### Habitat-climatisation

L'étude cas-témoin réalisée suite à la vague de chaleur de l'été 1995 à Chicago a montré que les personnes décédées vivaient plutôt en appartement de petite taille, dans les étages supérieurs, et dans des immeubles à toit plat (29).

L'étude de Dematte *et al.* (1998) portant sur 58 patients hospitalisés en service de soins intensifs pendant la vague de chaleur de l'été 1995 à Chicago a montré que 70 % des sujets n'avaient pas de climatisation (30). L'étude cas-témoin réalisée suite à cette vague de chaleur a montré que le fait de posséder la climatisation à domicile ou de pouvoir accéder à une pièce climatisée était un facteur protecteur (OR = 0,3 [0,2-0,6] et 0,5 [0,3-0,9] respectivement), de même que le fait de pouvoir se déplacer. Aucune association n'a été mise en évidence entre le risque de décéder et la possession de ventilateurs (29).

### Effets de la pollution

Les situations anticycloniques, favorables à un grand ensoleillement, entravent la dispersion horizontale et verticale des polluants et participent à la formation massive d'ozone (6). L'étude de la relation entre mortalité, température et pollution atmosphérique réalisée à Athènes a montré que l'interaction entre des niveaux de pollution importants et des températures élevées ( $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ) était statistiquement significative lorsque l'indicateur utilisé est la teneur en dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) et suggestive ( $p < 0,20$ ) lorsque l'indicateur est l'ozone ( $\text{O}_3$ ) ou les fumées noires (47). En 1994, en Belgique, pendant la vague de chaleur, une interaction forte a été mise en évidence entre la température et le niveau d'ozone ( $p < 0,001$ ) (20). Ces résultats suggèrent un effet synergique de la pollution atmosphérique et de la température sur la mortalité : les seuils pour lesquels les effets sanitaires engendrés par quelques polluants de l'air deviennent mesurables semblent être abaissés pendant les jours de forte chaleur (47).

Lors de la vague de chaleur de l'été 1995 en Angleterre et au Pays de Galles, la pollution atmosphérique a été reconnue comme pouvant être à l'origine de 38 % de l'excès de mortalité à Londres et de 62 % de cet excès pour l'Angleterre et le Pays de Galles (21). Les particules ont contribué pour 2,6 % à la surmortalité, l'ozone pour 2,6 % et le dioxyde d'azote pour 0,9 %.

Lors d'une étude de la mortalité liée à la chaleur à Londres entre 1976 et 1996, la prise en compte de la pollution atmosphérique ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$  et fumées noires) modifiait peu la valeur de l'augmentation de la mortalité (3,18 % [2,14-4,24] vs. 3,34 % [2,47-4,23] pour une augmentation de la température de  $1^{\circ}\text{C}$  au-delà du 97<sup>ème</sup> percentile de la température moyenne ( $21,5^{\circ}\text{C}$ )) (35).

## 2.4. Conclusion

L'exposition d'un individu à une température environnementale élevée peut entraîner des réactions plus ou moins graves de l'organisme. Au maximum, survient le coup de chaleur, urgence médicale rapidement mortelle en l'absence de traitement. Par ailleurs, la chaleur peut aggraver une maladie déjà installée ou contribuer à la déclencher.

Les principales vagues de chaleur survenues en Europe et aux Etats-Unis depuis plus de 30 ans et leur impact sanitaire en terme de mortalité ont été largement documentés. C'est l'impact en terme de mortalité totale qui a été le plus étudié. En effet, si la définition d'un décès par coup de chaleur est relativement consensuelle, elle est difficile à appliquer en épidémiologie. Elle est également sujette à des

biais de classification, tout comme la définition d'un « décès lié à la chaleur ». En France, deux vagues de chaleur sont documentées : celle de 1976, associée à environ 6 000 morts en excès sur l'ensemble du territoire (+30 % par rapport aux trois années précédentes) et celle de 1983, à Marseille, associée à environ 300 morts en excès (+110 % par rapport aux quatre années précédentes).

De nombreux facteurs individuels modulant l'impact sanitaire de la chaleur sont bien identifiés. Les personnes âgées constituent les populations les plus à risque dans les pays développés, en particulier, semble-t-il, les femmes, en Europe. Les sujets ayant des antécédents de maladie cardiovasculaire, respiratoire, neurologique ou rénale peuvent voir leur affection exacerbée par la chaleur. Chez les plus jeunes, l'existence d'une maladie mentale ou la prise de certains traitements augmente la prédisposition aux troubles liés à la chaleur, en particulier au coup de chaleur. D'autres facteurs de risque individuels ont été identifiés ou sont soupçonnés comme l'obésité, l'alcoolisme chronique, ou la prise de certaines drogues. Enfin, le fait de vivre seul et isolé et la perte d'autonomie, le fait d'appartenir à une catégorie sociale défavorisée sont des facteurs de risque de décès lors d'une vague de chaleur.

Des facteurs de risque environnementaux sont également bien identifiés : la surmortalité, au cours des vagues de chaleur, touche essentiellement les populations des villes, plutôt de grande taille et éloignées de la mer (phénomène d'îlot de chaleur). Dans ce contexte (ville, températures élevées), le rôle respectif de la pollution atmosphérique et de la température sur la mortalité a été relativement peu étudié mais un effet synergique de ces deux facteurs est soupçonné. Enfin, différentes caractéristiques de l'habitat sont des facteurs de risque de décès lors de vagues de chaleur : petit appartement situé dans les étages supérieurs, absence de climatisation.

### 3. Les plans chaleur

Après la vague de chaleur de juillet 1995 aux Etats-Unis (830 morts dont 525 à Chicago), un grand nombre de villes du Canada et des USA ont développé leurs propres plans d'action pour faire face aux épisodes caniculaires. Ces plans diffèrent principalement au sujet de la définition des seuils de veille, d'avertissement et d'alerte. On peut ainsi les distinguer en trois grandes classes :

- les plans fondés sur l'indice de chaleur, comme à Saint-Louis et Chicago ;
- les plans fondés sur l'humidex, comme à Toronto en 1999 et 2000 ;
- les plans fondés sur la masse d'air synoptique comme à Philadelphie depuis 1995, Rome, Shanghai et Toronto depuis 2001.

Si l'on dispose de nombreuses ressources décrivant le déclenchement et la mise en place de ces plans d'action, peu d'évaluations de leur efficacité ont fait l'objet de publications.

#### 3.1. Les plans fondés sur l'indice de chaleur

Ces systèmes reposent sur l'indice de chaleur calculé par la National Weather Service (NWS) aux Etats-Unis ; une alerte est lancée quand la valeur diurne de l'indice prédit dépasse 40,5°C pendant plus de trois heures par jour sur deux jours consécutifs, ou si elle dépasse 46°C sans condition temporelle. Ces seuils ont été inefficaces à Chicago en juillet 1995, puisque l'alerte a été déclenchée le 15 juillet, alors que la vague de chaleur durait depuis quatre jours déjà et que le NWS avait prévu la vague de chaleur dès le 5 juillet. Ainsi, faute d'information, la population n'a pas pu bénéficier des infrastructures existantes, de type centres d'accueil climatisés, qui auraient pu avoir un effet préventif.

Par la suite, de nouveaux seuils ont été redéfinis :

- avis/veille pour la santé : indice de chaleur supérieur à 32,2°C ;
- avertissement pour la santé : indice de chaleur supérieur à 32,2°C pendant trois jours consécutifs ;
- urgence : indice de chaleur entre 37,7 et 40,5°C pendant trois jours consécutifs ou entre 40,5 et 43,3°C pendant deux jours consécutifs ou supérieur à 43,3°C sans condition temporelle.

Ce nouveau découpage permet de mettre en place des mesures d'action et de prévention à des degrés divers. L'information de la population, la distribution de conseils, l'ouverture de lignes téléphoniques, l'appel à la solidarité, l'ouverture de centres climatisés, la prise en charge des personnes à risque font partie des mesures les plus simples de ce plan. Au niveau des hôpitaux, des services d'interventions d'urgence et des maisons de retraite, les mesures comprennent une sensibilisation du personnel, une augmentation des effectifs, et la mise en route des systèmes de climatisation (48;49).

L'efficacité de ces plans n'a pas été évaluée. Durant la vague de chaleur de juillet 1999, 67 % des personnes décédées avait plus de 65 ans contre 73 % en 1995, et les personnes les plus pauvres ont

été moins touchées (27 % en 1999 contre 55 % en 1995). Ces différences ne sont pas statistiquement significatives mais elles suggèrent que la politique de prévention en direction de ces groupes a porté ses fruits (26). Toutefois, plusieurs reproches ont été émis à l'encontre des systèmes fondés sur l'indice de chaleur. Ainsi, l'indice de chaleur ne considère que deux variables météorologiques, la température et l'humidité relative, alors qu'il a été montré que d'autres paramètres tels que la couverture nuageuse ou la vitesse du vent pouvaient accroître les effets néfastes d'une vague de chaleur. De plus, dans sa définition, le NWS ne prend pas en compte l'existence du phénomène d'acclimatation puisque les seuils sont nationaux et non pas régionaux (9).

### 3.2. Les plans fondés sur l'humidex

L'humidex est un indice plus particulièrement utilisé au Canada. Toutefois, plusieurs études ont montré que l'humidex et la température apparente (variante de l'indice de chaleur) étaient très bien corrélés (8). Les plans fondés sur l'humidex et l'indice de chaleur reposent donc sur le même principe : un indice de stress thermique calculé à partir des données prédites de températures et d'humidité relative est comparé à des valeurs de référence. A Toronto, en 1999 et 2000, les seuils étaient fixés comme suit :

- avis/veille pour la santé : humidex dépassant 40°C pendant deux jours consécutifs ;
- mise en place de mesures préventives simples (information, prise en charge des personnes sensibles, aménagement d'espaces climatisés...) : humidex compris entre 40 et 45°C ;
- pas de stratégie définie si l'humidex est supérieur à 45°C.

Si les études montrent que la mortalité augmente de façon continue quand l'humidex augmente, preuve qu'il s'agit d'un indicateur pertinent, elles mettent aussi en évidence la faiblesse du système de seuil. Ainsi, les seuils sont très élevés et peu de journées sont assez chaudes pour justifier le déclenchement des plans d'action. Par exemple, il a été estimé à Toronto qu'un humidex compris entre 30 et 35°C se traduisait par une surmortalité de 25 morts et qu'un humidex compris entre 35 et 40°C se traduisait par une surmortalité de 26 morts. Au total, cela équivaut à 51 morts supplémentaires sans réponse institutionnelle puisque les plans ne sont déclenchés qu'à partir de 40°C. D'autre part, il a été estimé que le plan de Toronto fonctionnant à 100 % de son efficacité permettait de sauver 25 vies pendant un été chaud, 4 pendant un été plus frais (50). La sensibilité du seuil est aussi un paramètre restrictif important. Ainsi à Toronto les avis pour la santé ne seraient émis que tous les deux ans et les urgences tous les sept ans. Un seuil trop élevé ne permet pas de sauver un nombre appréciable de vies (10).

### 3.3. Les plans fondés sur la masse d'air synoptique

Il s'agit ici d'un système approfondi de définition d'une vague de chaleur adopté par Philadelphie en 1995 et par la suite par de nombreuses autres villes dont Toronto en 2001. Un index, l'index synoptique temporel (TSI), est calculé quotidiennement en prenant en compte une approche climatique globale. Les variables retenues sont la température de l'air, la température du point de rosée, la couverture nuageuse, la pression, la vitesse et la direction du vent. Elles sont mesurées quatre fois par jour. Le TSI permet de classifier la masse d'air dans une des onze catégories prédéfinies. L'arrivée d'une masse d'air dangereuse peut être prédite deux jours à l'avance. En parallèle, un modèle estime la surmortalité associée à une masse d'air en considérant le type de masse d'air, le nombre de jours consécutifs et la saison. La détermination du risque se fait donc en deux étapes :

- caractérisation d'une masse d'air présentant un risque ;
- détermination des jours les plus dangereux en terme de mortalité.

Il existe trois niveaux d'alerte :

- niveau 1 : 1 à 4 morts prédits par le modèle ;
- niveau 2 : 5 à 15 morts prédits par le modèle ;
- niveau 3 : plus de 15 morts prédits par le modèle.

L'alerte se répercute ensuite à différents niveaux : diffusion d'informations et de conseils, mise en place d'un système de solidarité, ouverture de lignes téléphoniques d'informations, augmentation des effectifs des hôpitaux et des services d'intervention...

A Philadelphie en 1995, 15 jours ont été identifiés comme potentiellement à risque mais le système étant à l'époque fondé sur l'indice de chaleur, des alertes ont été émises durant 9 jours seulement. La mortalité a été inférieure à celle prédite par le modèle (72 contre 163). Toutefois, il n'est pas possible de savoir si la différence est due à une efficacité des mesures préventives ou si la surestimation est intrinsèque au modèle (10).

### 3.4. Les mesures préventives

Une fois le processus de veille, d'avertissement ou d'urgence déclenché, les institutions locales mettent en place une série de mesures qui se retrouvent d'une ville à l'autre (tableau 7).

**Tableau 7.** Les mesures préventives destinées à différents publics

Public cible	Mesures
Information grand public	<ul style="list-style-type: none"><li>- Utilisation optimale des médias (journaux, radios, télévision, internet) pour diffuser des conseils de prévention au grand public</li><li>- Distribution de tracts d'information et de conseils</li><li>- Ouverture d'une ligne téléphonique pour répondre aux questions</li></ul>
Mesures environnementales	<ul style="list-style-type: none"><li>- Prolonger les horaires d'ouverture des espaces climatisés où les personnes peuvent se reposer (bibliothèques, salles municipales, magasins...)</li><li>- Prolonger les horaires d'ouverture des piscines</li><li>- Installer des systèmes de climatisation</li></ul>
Population à risque	<ul style="list-style-type: none"><li>- Appel à la solidarité pour que les personnes visitent leurs parents et voisins âgés</li><li>- Recrutement de bénévoles pour visiter les personnes isolées</li><li>- Apprendre à reconnaître les symptômes d'un coup de chaleur<sup>a</sup></li><li>- Distribution d'eau aux sans-abri</li><li>- Suspendre les coupures d'eau et d'électricité</li></ul>
Professionnels de santé	<ul style="list-style-type: none"><li>- Augmenter les effectifs</li><li>- Repérer les patients à risque (prise de médicaments)</li><li>- Informer les patients présentant un risque élevé</li><li>- Faire des visites à domicile auprès des patients à risque</li></ul>

<sup>a</sup> A Chicago, en 1995, 53 % des personnes décédées avaient eu de la visite le jour ou la veille de leur décès. En 1981, 61 % des victimes avait des symptômes visibles 24 heures avant leur hospitalisation (17).

A Chicago pendant la vague de chaleur de 1999, la mortalité était 20 fois plus importante chez les personnes âgées de plus de 75 ans que chez les personnes âgées de 25 à 44 ans, et 3,5 fois plus importante que chez les personnes âgées de 44 à 64 ans. Les personnes âgées et très âgées doivent donc être la cible principale des campagnes de prévention (17).

En dehors de l'état d'alerte, des mesures à long terme concernant l'urbanisation peuvent être prises pour réduire l'effet de l'îlot de chaleur urbain : aménagements d'espaces verts, climatisation des immeubles, couleurs claires privilégiées pour peindre les bâtiments, travail sur les revêtements.

### 3.5. Conclusion

Les indices de chaleur et humidex sont faciles à prévoir avec 48 heures d'avance mais ils ne tiennent pas compte de tous les facteurs influant sur la mortalité. De plus, il est très difficile de définir des seuils d'alerte pertinents pour ces indices.

La prévision du TSI est plus complexe à calculer et à interpréter, notamment par des personnes n'ayant pas une formation météorologique poussée.

De manière générale, il est important de noter qu'aucun de ces systèmes de veille/avertissement météorologique n'a fait l'objet d'une évaluation de leur efficacité en terme de réduction de la mortalité. Il est aussi important de réfléchir au sujet de la fréquence des alertes : en fixant les seuils trop bas, des alertes coûteuses sont émises régulièrement et finissent par perdre de leur efficacité. Au contraire, des seuils trop hauts sont rarement atteints et le système sous-estime l'importance de certaines vagues de chaleur. Au niveau des actions, des mesures simples de prévention ciblées sur les populations à risque, l'appel à la solidarité et la mobilisation de moyens supplémentaires dans les services de santé, sont généralement appliquées.

## Chapitre 2

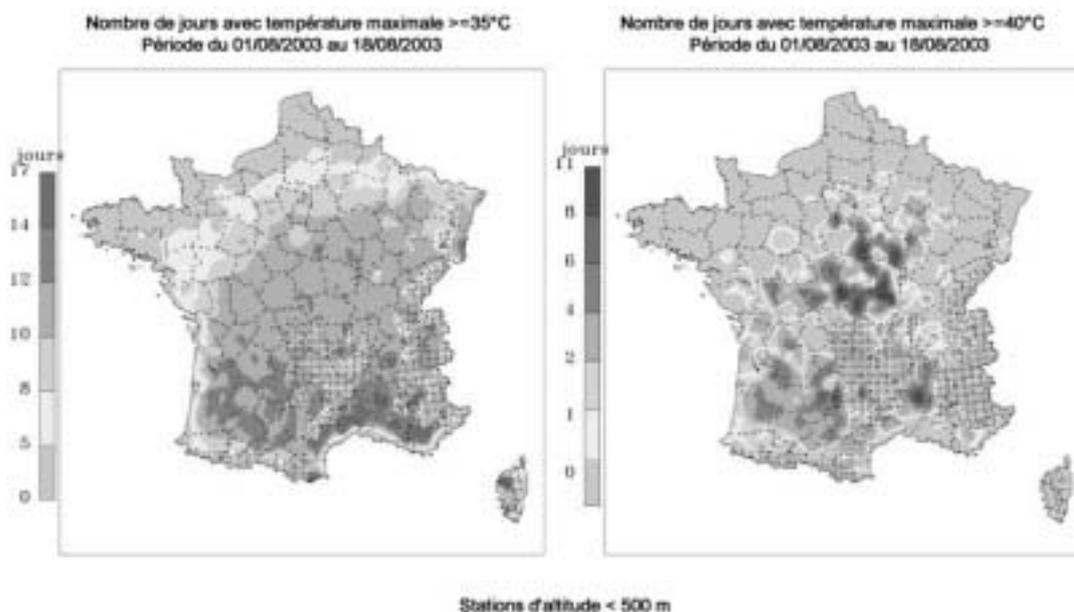
# Caractéristiques de la vague de chaleur d'août 2003

## 1. Caractéristiques météorologiques

### 1.1. 2003 en France : une canicule exceptionnelle à plus d'un titre

Selon Météo France, l'été 2003 est le plus chaud depuis 53 ans pour les températures maximales (2°C au-dessus des trois derniers étés les plus chauds, 1976, 1983 et 1994) et, fait important, pour les températures minimales qui étaient 3,5°C au-dessus de la moyenne pour la période 1950-1980. La période de survenue des fortes chaleurs s'est étendue principalement du 15 juillet au 15 août. Tout le pays a été concerné puisque des températures supérieures à 35°C ont été mesurées dans deux tiers des stations météorologiques réparties sur le territoire (figure 3). Des températures supérieures à 40°C ont même été observées dans 15 % des stations, y compris pour la première fois en Bretagne depuis le début des mesures de températures. La persistance de cette situation conjuguant températures minimales et maximales élevées est exceptionnelle.

**Figure 3.** Nombre de jours où les températures maximales ont dépassé 35 et 40°C entre le 1<sup>er</sup> et le 18 août 2003



Source : Météo France

Les températures maximales et minimales journalières observées entre le 25 mai et le 19 août pour les années 1999-2002 et 2003<sup>6</sup> sont représentées dans les figures 4 à 6 pour 13 grandes villes françaises (Bordeaux, Dijon, Grenoble, Le Mans, Lille, Lyon, Marseille, Nice, Paris, Poitiers, Rennes, Strasbourg et Toulouse) réparties sur le territoire français et représentatives des différents climats français (tableau 8).

<sup>6</sup> Données fournies par Météo France.

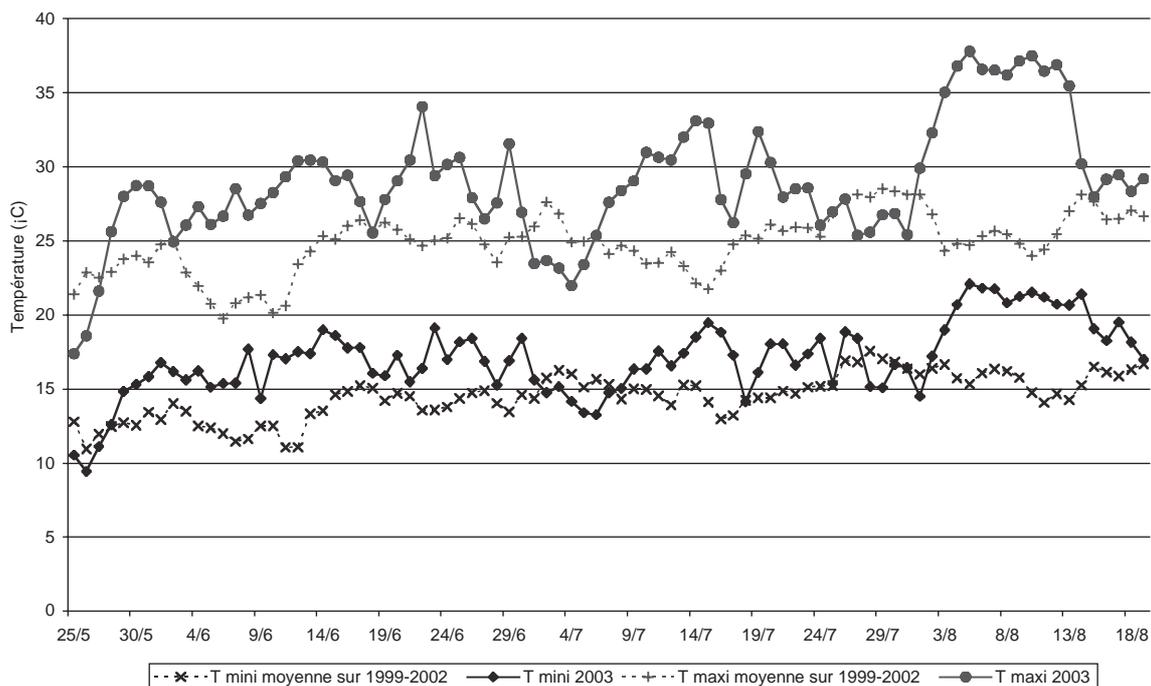
**Tableau 8.** Description des différents climats en France

Type de climat	Températures en été	Villes
Climat océanique	Températures fraîches (température moyenne < 23°C)	Bordeaux, Rennes
Climat océanique dégradé	Températures modérées pouvant être élevées pendant un cours laps de temps	Paris, Toulouse, Lille, Le Mans, Poitiers
Climat continental	Températures élevées (température moyenne > 30°C)	Strasbourg, Lyon, Dijon
Climat méditerranéen	Températures très élevées (jusqu'à 40°C)	Marseille, Nice
Climat montagnard	Températures contrastées variant de frais à très chaud	Grenoble

L'été 2003 apparaît comme plus chaud que les quatre étés précédents, la première quinzaine d'août présentant une augmentation importante des températures, aussi bien minimales que maximales (figure 4).

La montée progressive des températures entre le 1<sup>er</sup> et le 5 août est fortement marquée (+12°C sur 6 jours pour la température maximale, +7°C en 6 jours pour la température minimale), suivie d'une période de forte chaleur jusqu'au 13 août, date de l'amorce de la baisse progressive des températures.

**Figure 4.** Températures minimales et maximales moyennes observées dans 13 grandes villes françaises entre le 25 mai et le 19 août pour les années 1999-2002 et 2003



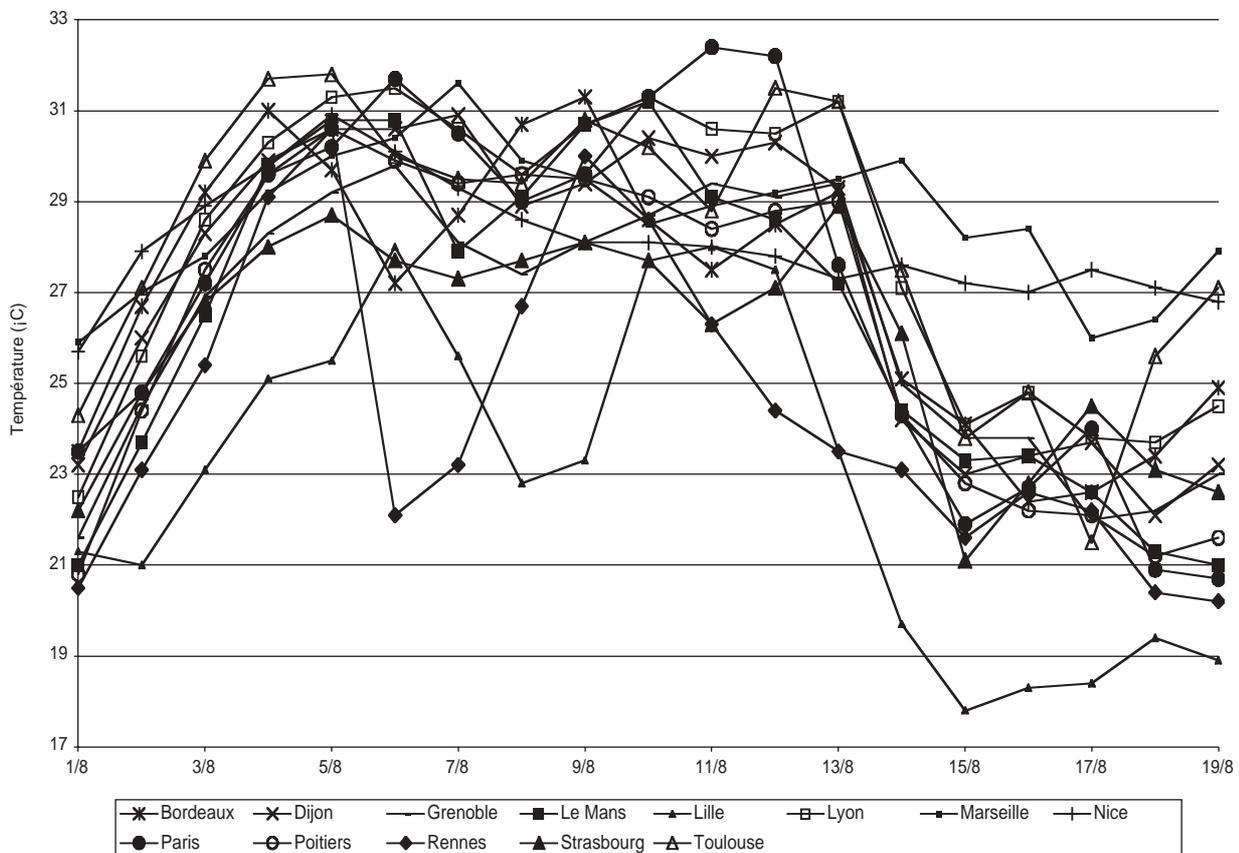
Sur la période du 1<sup>er</sup> au 19 août 2003, on note une température moyenne constamment élevée jusqu'au 13 août dans toutes les villes sauf pour Lille et Rennes qui ont connu des pics de chaleur suivis de journées plus douces (figure 5). Globalement, Marseille et Nice ont eu les températures moyennes les plus élevées et Lille les plus basses. Il est cependant intéressant de noter qu'au plus fort de la vague de chaleur, **les 11 et 12 août, la température moyenne était plus forte à Paris que dans les autres villes.**

Au niveau des températures minimales, de très fortes valeurs ont été enregistrées à Nice et à Marseille sur plusieurs jours consécutifs, ainsi qu'à Paris les 11 et 12 août et à Lyon le 11 août. Dans les autres villes, les températures minimales étaient plus faibles, excepté à Rennes qui a connu deux pics à plus de 23°C les 5 et 10 août.

Les températures maximales étaient aussi contrastées. Dans certaines villes, la température s'est maintenue à une valeur élevée pendant plusieurs jours consécutifs (Paris, Bordeaux, Dijon, Lyon, Poitiers, Marseille, Nice) jusqu'au 13 août, date à laquelle une baisse générale de la température s'est amorcée. Dans les autres villes, les jours de très forte chaleur ont été entrecoupés de journées plus clémentes (Grenoble, Strasbourg, Le Mans, Lille, Rennes).

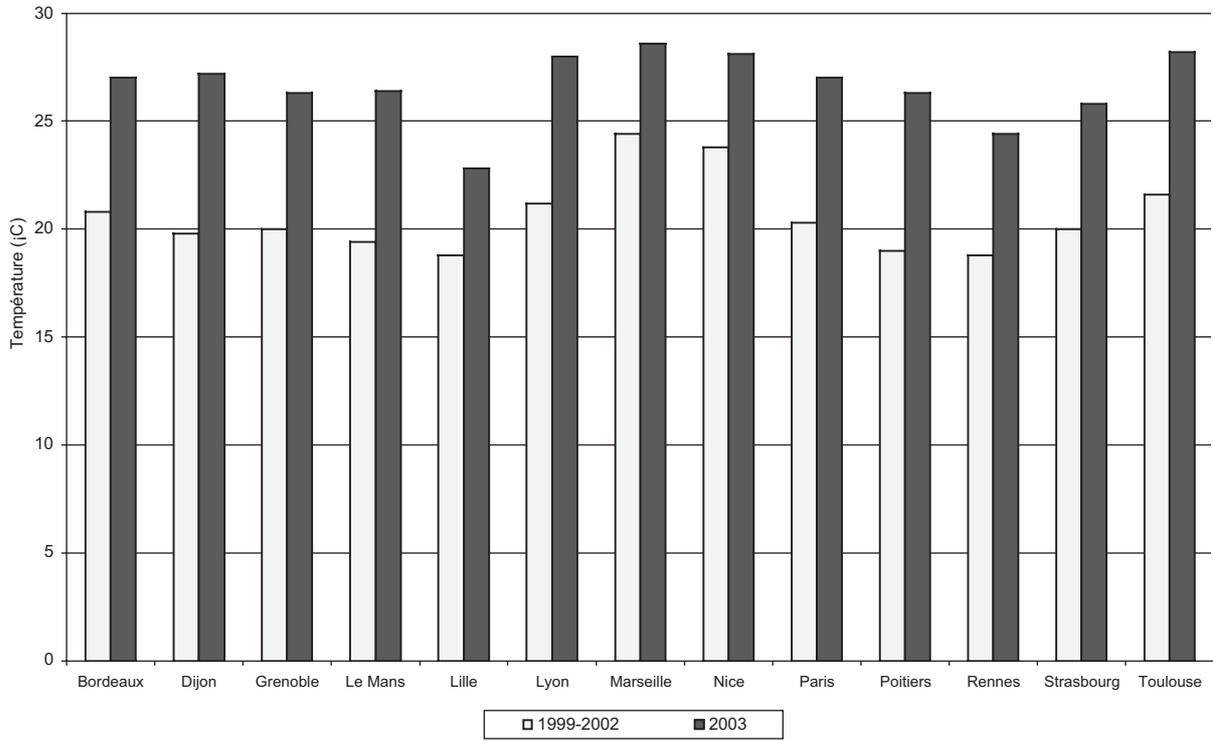
Des graphes détaillés ville par ville pour la période du 25 mai au 15 septembre et les années 1999–2003 sont disponibles en annexe 2. Ils permettent d'avoir un premier aperçu du caractère exceptionnel de la vague de chaleur 2003. Une analyse plus fine considérant les données trentenales comparées aux données 2003 sera engagée par la suite en collaboration avec Météo France.

**Figure 5.** Températures moyennes du 1<sup>er</sup> au 19 août 2003 dans 13 grandes villes françaises

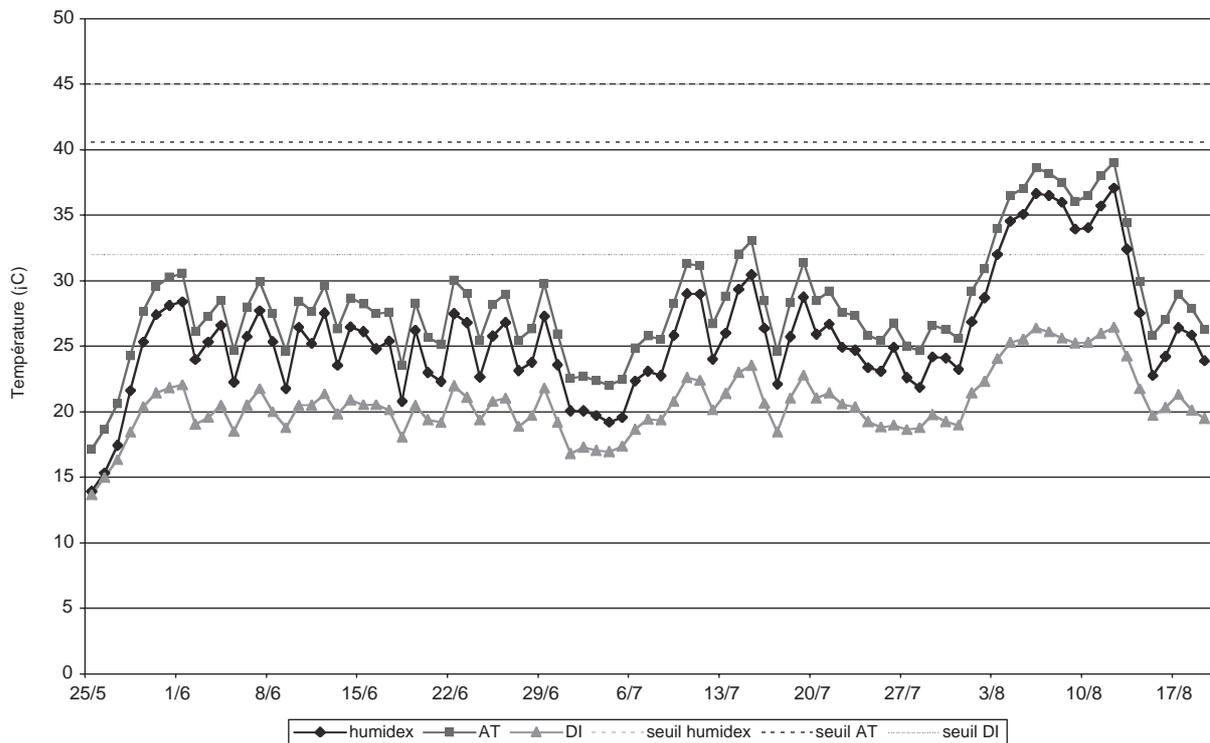


Entre le 1<sup>er</sup> et le 19 août, la température moyenne en 2003 était nettement plus importante que celle observée en moyenne pour les années 1999-2002 (figure 6). En terme de températures moyennes, l'écart était particulièrement important pour Dijon (+7,4°C), Poitiers (+7,3°C), Le Mans (+7°C), Lyon (+6,8°C), Paris (+6,7°C), Toulouse (+6,6°C), et moins important pour Nice (+4,3°C), Marseille (+4,2°C) et Lille (+4°C). Pour les températures maximales, l'écart le plus important était observé à Poitiers (+9,5°C), le moins important à Nice (+5,4°C). Pour les températures minimales, l'écart le plus important était observé au Mans (+5,1°C), le moins important à Grenoble (+2,9°C). A noter les valeurs pour Paris : +8°C pour la température maximale et +5°C pour la température minimale.

**Figure 6.** Températures moyennes sur la période du 1<sup>er</sup> au 19 août pour les années 1999-2002 et 2003 dans 13 grandes villes françaises



**Figure 7.** Comparaison des différents indices biométéorologiques moyens 2003 à Paris



La figure 7 montre l'évolution des indices humidex, AT et DI calculés pour Paris du 25 mai au 19 août 2003 à partir des températures journalières moyennes et des températures du point de rosée journalières moyennes. On peut voir que les indices humidex et AT étaient très proches, tant en terme de valeur que d'évolution (figure 7). Humidex et AT apparaissent comme redondants. En revanche, l'indice DI était plus faible que l'AT, du fait des taux d'humidité faibles (il prend en considération l'humidité et non la température du point de rosée). L'indice DI ne paraît donc pas pertinent dans le cas où les taux d'humidité sont faibles, la température de rosée étant alors plus intéressante à utiliser dans les calculs. Les seuils de danger définis dans la littérature pour chaque indice ne sont jamais dépassés pendant la période caniculaire d'août 2003 (les graphes en annexe 2 montrent l'évolution de l'indice humidex pour les 13 villes françaises). Toutefois, **l'existence d'un effet d'acclimatation peut modifier la valeur des seuils en fonction de la situation géographique**. Il serait donc utile de définir des seuils propres à chaque ville. Ainsi, aux Etats-Unis, les alertes correspondent à deux jours consécutifs où les seuils de jour et de nuit sont dépassés, les seuils d'alerte ayant été déterminés pour chaque région à partir de l'examen d'indices horaires pour la période 1951-1990 sur différentes stations.

## 1.2. Une canicule ressentie dans toute l'Europe

La France a connu une période continue de fortes températures maximales et minimales, en contraste avec les autres pays qui ont connu plusieurs jours de fortes températures maximales mais des températures minimales plus faibles. Ainsi, en Espagne, les températures maximales avoisinaient les températures françaises alors que les températures minimales étaient plus faibles ; par exemple, les 11 et 12 août, les minimales à Madrid étaient inférieures de 6°C à celles de Paris.

## 1.3. Conclusion

L'été 2003, et plus précisément la première quinzaine d'août, a été particulièrement chaud, avec des températures maximales et minimales significativement au-dessus des normales saisonnières. Certaines villes ont souffert de températures minimales très élevées (Nice, Marseille, Paris, Lyon) et de la persistance de fortes températures maximales durant plusieurs jours consécutifs. Au contraire, d'autres villes ont connu des températures nocturnes plus fraîches ainsi que des jours chauds alternés de jours plus frais (Lille, Le Mans...). Malgré des températures maximales et minimales très élevées à Nice et Marseille, les températures moyennes de ces deux villes étaient inférieures aux températures moyennes de Paris, Lyon et Dijon du 9 au 12 août 2003.

La température critique définie à 7°C au-dessus de la température moyenne normale semble être un indicateur sensible : elle est dépassée dans toutes les villes du 4 au 13 août sauf à Lille et Rennes (dépassement « discontinu ») et à Marseille et Nice (pas de dépassement). Ce point doit néanmoins être vérifié en prenant en compte les données météorologiques des 30 dernières années.

Le choix d'un indice combinant température et température de point de rosée doit s'accompagner d'une nouvelle définition des seuils de danger, les indices et les seuils existants ne mettant pas de danger en évidence sur la période concernée. Les données horaires pourraient être utiles pour quantifier le nombre d'heures se situant au-delà d'une température donnée, en complément du nombre de jours, et ainsi affiner les prédictions. Une collaboration avec Météo France permettra d'approfondir cette étude sur les indices biométéorologiques.

## 2. Une canicule associée à une pollution par l'ozone

### 2.1. L'ozone atmosphérique

L'ozone (O<sub>3</sub>) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) sont les oxydants photochimiques les plus concentrés dans l'atmosphère. L'ozone est un constituant normal de l'air dans la stratosphère, la troposphère et la couche limite planétaire (jusqu'à 1 500 m d'altitude environ). Dans la couche limite planétaire, **l'ozone est principalement le produit de réactions chimiques complexes initiées par les radiations solaires**. Le dioxyde d'azote est formé dans l'air en présence de composés organiques volatils (COV) à partir du monoxyde d'azote (NO) issu de la combustion des combustibles fossiles (les transports comptent pour 60 % des émissions). Par photodissociation (i.e. action du rayonnement solaire), le NO<sub>2</sub> forme de l'ozone qui, à son tour, réagit avec le NO pour reformer du NO<sub>2</sub>. Ce cycle est très rapide et n'entraîne qu'une

faible production d'ozone. Cependant, en présence d'un taux élevé de COV, le NO réagit préférentiellement avec les COV et le NO<sub>2</sub> est régénéré sans destruction d'ozone : l'équilibre de la réaction cyclique est déplacé et conduit à une augmentation de la production d'ozone.

Les conditions météorologiques telles que la température, le rayonnement solaire et le degré de mélange de l'atmosphère, essentiellement le rapport COV/NO<sub>x</sub> (oxydes d'azote), influent fortement sur les concentrations d'ozone. De plus, l'ozone et ses précurseurs peuvent être transportés sur des distances supérieures à 50 km. Ainsi, en centre ville où le monoxyde d'azote est très abondant, l'ozone produit est rapidement détruit. A l'inverse, dans les zones péri-urbaines et rurales voisines des centres urbains, il n'y a pas destruction de l'ozone dont les concentrations augmentent. En période estivale, l'ozone est un bon indicateur de la pollution atmosphérique.

## 2.2. Les connaissances sur l'impact sanitaire de la pollution par l'ozone

De nombreuses études épidémiologiques ont associé les niveaux d'ozone urbains avec la mortalité. En France, le programme PSAS-9 de l'InVS a ainsi estimé à 0,7 % l'augmentation de la mortalité toutes causes hors accidents lorsque le niveau journalier d'ozone sur 8 heures augmente de 10 µg/m<sup>3</sup> (51). Ce résultat est cohérent avec celui de l'étude européenne APHEA (Air Pollution and Health: A European Approach) qui estimait à 3 % l'augmentation de la mortalité toutes causes hors accidents lorsque le maximum horaire d'ozone augmente de 50 µg/m<sup>3</sup> (52;53). Au niveau individuel, les enfants, les personnes âgées en mauvaise santé, les asthmatiques et les insuffisants respiratoires sont particulièrement sensibles à la pollution par l'ozone. Les conséquences pour la santé varient par ailleurs selon le niveau d'exposition, le volume d'air inhalé et la durée de l'exposition. Plusieurs manifestations sont possibles : toux, gêne thoracique, douleur en cas d'inspiration profonde, mais aussi essoufflement, irritation nasale, oculaire et de la gorge. Les effets sont majorés par l'exercice physique.

## 2.3. La réglementation française

Sur un plan réglementaire, la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 et ses textes d'application ont mis en place deux niveaux d'action en fonction des concentrations d'ozone mesurées (54).

Le premier des deux niveaux est le seuil d'information, à 180 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire, seuil au-delà duquel une exposition de courte durée a des effets limités et transitoires sur la santé des catégories sensibles de la population. Lorsqu'il est atteint sur deux stations de mesure à moins de trois heures d'intervalle, ce premier seuil conduit à une information des populations et à des recommandations aux personnes sensibles. Le deuxième seuil, dit seuil d'alerte, de la réglementation française est de 360 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire, prochainement ramené à 240 µg/m<sup>3</sup> en lien avec les nouvelles directives européennes (55). Comme précédemment, lorsqu'il est atteint par deux stations de mesure à moins de trois heures d'intervalle, ce deuxième seuil conduit à une information des populations mais peut également amener les autorités locales à prendre des mesures d'urgence pour réduire les émissions de polluants.

Il faut néanmoins souligner que l'ozone présente, à l'échelle des populations urbaines, un effet délétère sur la santé aux niveaux observés quotidiennement, inférieurs à ces seuils d'information et d'alerte. De plus, il est possible que l'exposition à la pollution atmosphérique augmente les effets néfastes de la chaleur.

## 2.4. Les niveaux d'ozone observés au cours de l'été 2003

Les conditions météorologiques exceptionnelles au cours des mois de juillet et août 2003 (très fortes températures, ensoleillement et absence de mouvement atmosphérique sur une large échelle spatiale et sur une durée prolongée) combinées aux rejets de polluants ont entraîné une augmentation très importante des niveaux d'ozone et, dans une moindre mesure, d'autres polluants comme les oxydes d'azote et les particules sur la France ainsi que dans d'autres régions d'Europe.

Cette situation a été exceptionnelle non seulement par les niveaux élevés d'ozone qui ont dépassé plusieurs fois le seuil d'information de 180 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire mais également par la durée de l'épisode de pollution. La procédure d'information des populations (seuil = 180 µg/m<sup>3</sup> sur 1 h) a été activée près de 50 jours en Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), une trentaine de jours en Alsace et en Ile-de-France. Un maximum horaire de 417 µg/m<sup>3</sup> sur 1 h a été relevé dans les Bouches-du-Rhône. Certaines régions de l'Ouest de la France, jusqu'alors épargnées par les dépassements du seuil d'information, ont également été touchées (cette situation est due à la présence persistante d'un

anticyclone sur toute la France et une grande partie de l'Europe de l'Ouest). Le 16 août, la région PACA a dépassé son record annuel de pollution de l'air à l'ozone : 47 jours de dépassement du seuil d'information et son 15<sup>ème</sup> jour consécutif (à titre indicatif, en 2001, on a constaté 46 jours de dépassement). En PACA, le seuil d'alerte européen (240 µg/m<sup>3</sup> sur 1 h) a été dépassé trois fois. En milieu urbain, le nombre de jours de dépassement du seuil d'information sur la période 25 mai au 31 août a été nettement plus élevé que les années précédentes dans les 14 grandes villes françaises où a été recueillie l'information (tableau 9).

**Tableau 9.** Nombre de jours de dépassement des seuils d'information pour l'ozone, du 25 mai au 31 août, pour les années 1999 à 2003 dans 14 grandes villes françaises

Ville	1999	2000	2001	2002	2003
Bordeaux	4	0	1	2	9
Grenoble	0	1	3	10	24
Le Havre	1	1	4	0	7
Le Mans	1	0	0	0	5
Lille	1	3	3	2	12
Lyon	6	2	5	5	16
Marseille <sup>a</sup>	11	5	22	10	29
Nice	ND <sup>b</sup>	0	1	4	15
Paris	2	1	7	3	13
Poitiers	0	0	0	0	4
Rennes	0	0	0	0	0
Rouen	1	0	3	1	4
Strasbourg	0	7	12	4	27
Toulouse	1	0	1	0	6
Total	ND <sup>b</sup>	20	62	41	171

<sup>a</sup> le seuil de 240 µg/m<sup>3</sup>, seuil d'alerte européen devant passer en droit français, a été dépassé trois fois pendant l'été 2001 et 2003, une fois pendant l'été 2000, jamais les autres étés ; <sup>b</sup> non disponible

Au cours de cet épisode, les organismes agréés de surveillance de la qualité de l'air en France (regroupés au sein de la Fédération ATMO) ont assuré, dans le cadre de leurs missions, la mesure en continu et la prévision quotidienne des niveaux d'ozone. Ainsi, on peut observer que les valeurs horaires maximales mesurées chaque jour étaient supérieures aux mêmes valeurs mesurées les années précédentes sur l'ensemble de la période du 25 mai au 31 août (tableau 10). Cette observation se vérifie sur l'ensemble des 13 villes réparties sur la totalité du territoire et pour lesquelles nous avons recueilli et traité l'information.

**Tableau 10.** Distribution des valeurs maximales horaires du 25 mai au 31 août pour les années 1999 à 2003 dans 13 grandes villes françaises

Ville		1999	2000	2001	2002	2003
Bordeaux	P25 <sup>a</sup>	92	74	78	81	106
	Médiane	122	91	105	96	128
	P75 <sup>b</sup>	148	110	131	124	164
Le Havre	P25	71	69	79	75	85
	Médiane	86	83	99	86	95
	P75	110	99	124	99	136
Le Mans	P25	80	73	74	80	100
	Médiane	98	82	96	95	117
	P75	117	105	118	117	142
Lille	P25	80	74	73	73	90
	Médiane	95	89	91	86	110
	P75	124	106	128	104	149
Lyon	P25	110	92	92	92	127
	Médiane	133	116	130	111	153
	P75	158	146	161	141	176

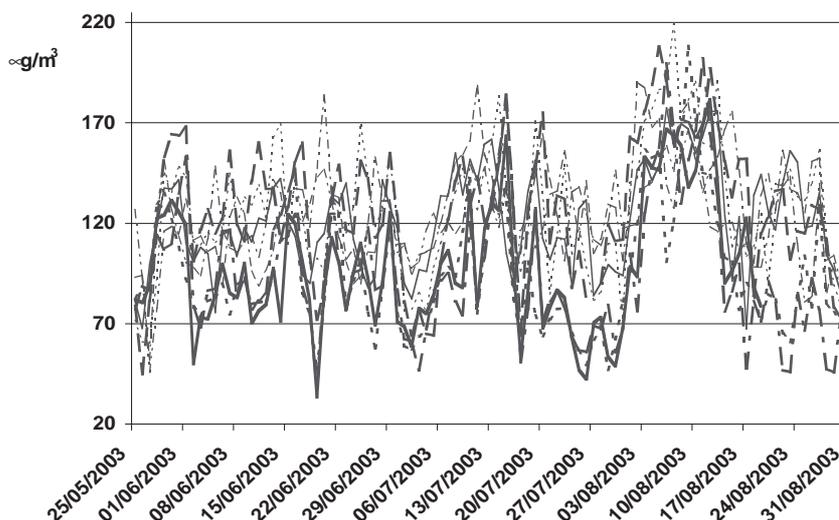


► **Tableau 10.** Distributions des valeurs maximales horaires du 25 mai au 31 août pour les années 1999 à 2003 dans 13 grandes villes françaises

Ville		1999	2000	2001	2002	2003
Marseille	P25	111	104	114	113	129
	Médiane	130	125	144	131	157
	P75	150	145	175	151	184
Nice	P25	120	112	115	115	135
	Médiane	134	124	131	136	150
	P75	150	135	147	151	169
Paris	P25	102	76	99	87	102
	Médiane	121	91	121	107	128
	P75	141	114	155	126	156
Poitiers	P25	86	76	84	79	102
	Médiane	96	87	108	94	120
	P75	119	103	129	113	149
Rennes	P25	72	68	74	72	87
	Médiane	88	76	88	85	96
	P75	116	98	114	103	130
Rouen	P25	78	75	79	73	91
	Médiane	97	86	99	85	110
	P75	129	105	124	108	140
Strasbourg	P25	82	85	92	92	132
	Médiane	101	105	122	112	152
	P75	124	130	155	137	181
Toulouse	P25	99	84	88	84	120
	Médiane	116	104	115	102	137
	P75	132	123	140	129	162

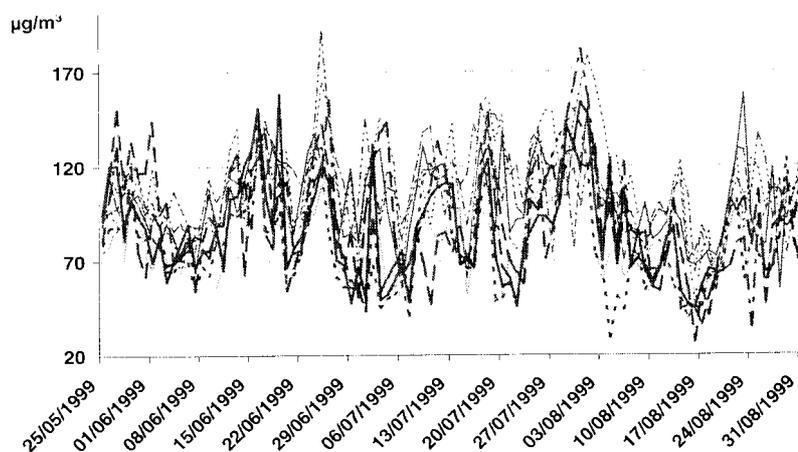
<sup>a</sup> P25 : percentile 25 ; <sup>b</sup> P75 : percentile 75

**Figure 8.** Evolution des indicateurs d'exposition à l'ozone du 25 mai au 31 août 2003 dans 13 grandes villes françaises<sup>a</sup>

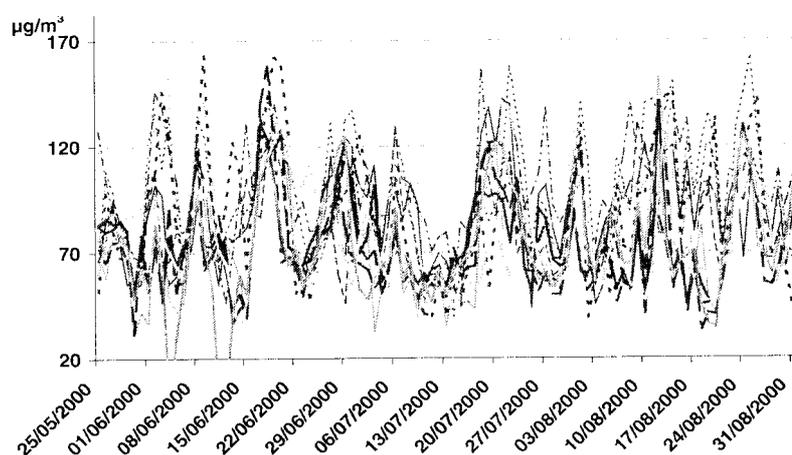


<sup>a</sup> Bordeaux, Le Havre, Le Mans, Lille, Lyon, Marseille, Nice, Paris, Poitiers, Rennes, Rouen, Strasbourg, Toulouse

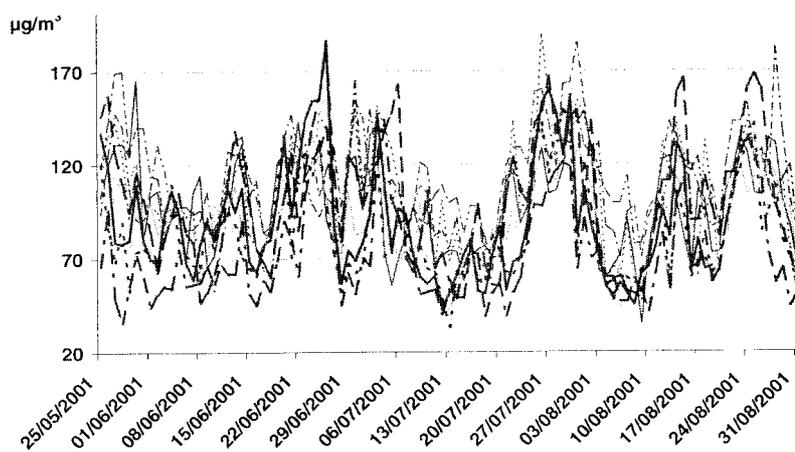
**Figure 9.** (a à d) Indicateurs d'exposition à l'ozone du 25 mai au 31 août pour les années 1999 à 2002 dans 13 grandes villes françaises



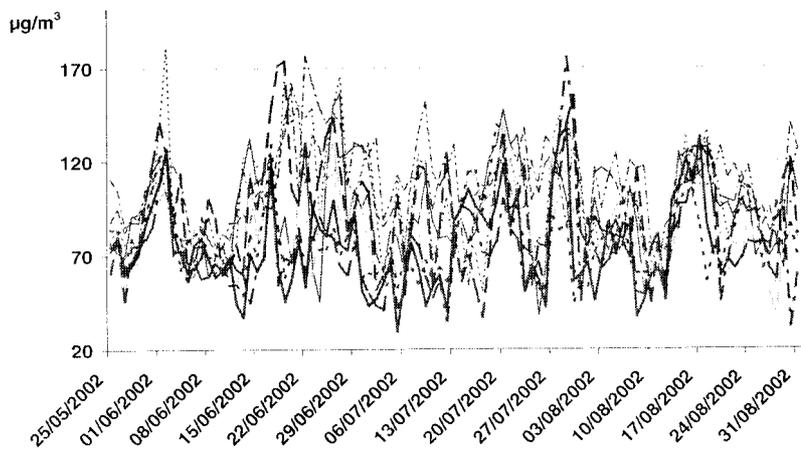
a) 1999



b) 2000



c) 2001



d) 2002

Une analyse descriptive des mesures d'ozone enregistrées par les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air pendant la période du 25 mai au 31 août, pour l'année 2003 et pour les années précédentes depuis 1999 a pu être réalisée dans 13 des 14 grandes villes françaises (figures 8 et 9a à 9d).

Les données horaires ont été recueillies puis, pour chaque jour, la plage des huit heures de concentration maximale d'ozone a été sélectionnée et la moyenne des concentrations de ces huit heures a été calculée. Ce travail a été réalisé pour chacune des stations urbaines et péri-urbaines mesurant l'ozone. Enfin, pour chaque agglomération, un indicateur d'exposition de la population à l'ozone a été construit en calculant, pour chaque jour, la moyenne des valeurs « 8 heures » de l'ensemble des stations de mesures. Cette démarche est celle utilisée dans les études des effets à court terme de la pollution atmosphérique.

La figure 8 n'a pas pour objectif d'identifier chacune des 13 villes mais de montrer l'évolution des niveaux d'ozone pendant l'été 2003 pour un ensemble d'agglomérations réparties sur la totalité du territoire.

La figure 8 montre deux périodes de niveaux d'ozone particulièrement élevés sur l'ensemble des villes : la période du 3 au 13 août où le niveau d'exposition à l'ozone était dans la quasi totalité des villes compris entre 130 et 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et, dans une moindre mesure, la période du 8 au 16 juillet où les concentrations étaient comprises entre 120 et 170  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sur ces deux périodes, le graphe montre une assez grande homogénéité des niveaux d'exposition à l'ozone sur l'ensemble des villes. Dès le mois de juin, les niveaux dépassent très souvent 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sur les autres périodes, les agglomérations de l'Ouest de la France présentent des niveaux légèrement moins élevés que les autres villes.

La figure 9 présente les mêmes indicateurs d'exposition à l'ozone pour les mêmes périodes estivales de 1999 à 2002.

Les figures 9a à 9d montrent, pour les quatre périodes estivales antérieures à 2003, des niveaux moyens d'exposition à l'ozone inférieurs à ceux observés en 2003. Les niveaux quotidiens sont le plus souvent compris entre 70 et 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et ne dépassent 170  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  qu'exceptionnellement, sur des durées courtes, et seulement dans quelques villes. Ces profils ont permis d'objectiver le caractère exceptionnel, en terme de niveau et de durée, de l'exposition à l'ozone des populations pendant l'été 2003.

Concernant la communication à la population, parallèlement aux procédures d'alerte décrites précédemment, les mesures en continu sont mises en ligne sur internet par les réseaux afin de permettre à chacun de disposer d'une information en temps réel sur la qualité de l'air de sa région. La prévision associe des modèles numériques basés, entre autres, sur des inventaires des émissions et l'expertise humaine. Elle constitue un outil mis à la disposition de l'ensemble des citoyens, dont les personnes sensibles, permettant d'obtenir une information sur les niveaux d'ozone auxquels ils seront exposés au cours des jours à venir. La mesure et la prévision, associées à une astreinte 24h/24 et 7j/7 dans la plupart des organismes de surveillance, ont permis, au cours de cette période de pollution, d'informer et d'alerter en permanence la population sur les niveaux de pollution en cours et à venir, associant des recommandations comportementales et sanitaires pour en diminuer les risques.

## 2.5. Conclusion

L'ampleur de ces épisodes de pollution par l'ozone, tant en durée qu'en intensité, et leur extension géographique confirment, s'il en était besoin, que la lutte contre la pollution de l'air des villes et des régions doit se poursuivre. Dans le cadre de l'évaluation des conséquences sanitaires de la canicule qui va être entreprise par l'InVS, l'effet de la pollution atmosphérique sera pris en compte. La Fédération ATMO sera, bien sûr, un partenaire essentiel dans ce travail.

# Chapitre 3

## Résultats des enquêtes mises en place en août 2003

Le 13 août, les données de mortalité hospitalière de l'Assistance publique-Hôpitaux de Paris (AP-HP) laissaient entrevoir qu'une épidémie de grande ampleur était en cours. A partir du 13 août, l'InVS a donc cherché à établir des courbes épidémiques de décès afin de réaliser une première évaluation de l'ampleur de l'épidémie.

En parallèle, quatre enquêtes épidémiologiques ont été mises en place en urgence. Elles avaient pour objectif d'évaluer les conséquences sanitaires à court terme de la vague de chaleur directement (enquêtes « décès par coup de chaleur dans les établissements de santé », « évaluation de la surmortalité en France » et « 13 villes ») ou indirectement via l'activité des intervenants d'urgence (enquête « interventions sanitaires à court terme »). Une cinquième enquête a été mise en place à partir du 21 août pour évaluer les conséquences sanitaires au décours de la vague de chaleur à partir des données d'activité des intervenants d'urgence.

### 1. Etude préliminaire : évolution de l'épidémie de décès et première évaluation de son ampleur

#### 1.1. Evolution de l'épidémie

L'évolution de l'épidémie a pu être suivie à Paris et à Lyon.

A Paris, deux sources de données ont été utilisées : 1) les données concernant les décès survenus dans les hôpitaux de l'AP-HP, 2) les données sur les décès constatés par la Brigade des Sapeurs Pompiers de la ville de Paris (BSPP).

A Lyon, les données des Hospices civils de Lyon (HCL) ont été utilisées.

##### 1.1.1. A Paris

La direction de l'AP-HP a transmis à l'InVS le nombre quotidien de décès survenus dans l'ensemble de ses établissements à partir du 13 août. Les données couvraient la période du 25 juillet au 17 août 2003. La BSPP a fourni à l'InVS des données entre le 1<sup>er</sup> et le 17 août 2003, à partir du 14 août 2003. Ces données ont été mises en relation avec les températures minimales et maximales observées sur Paris sur la même période et fournies par Météo France.

Les deux sources de données ne couvraient pas les mêmes populations :

- les hôpitaux de l'AP-HP sont principalement situés sur le territoire de la ville de Paris et en proche banlieue. On peut faire l'hypothèse que les personnes qui y ont été hospitalisées en urgence pendant la période de la canicule résidaient dans la même zone géographique ;
- la BSPP intervient sur Paris et les départements de la petite couronne. On peut faire l'hypothèse que les interventions de la BSPP concernent essentiellement des décès survenus au domicile voire en maison de retraite (ceci devra être cependant confirmé). Par ailleurs, les personnes décédées ne sont pas transportées à l'hôpital et ne sont donc pas comptabilisées dans les données de l'AP-HP.

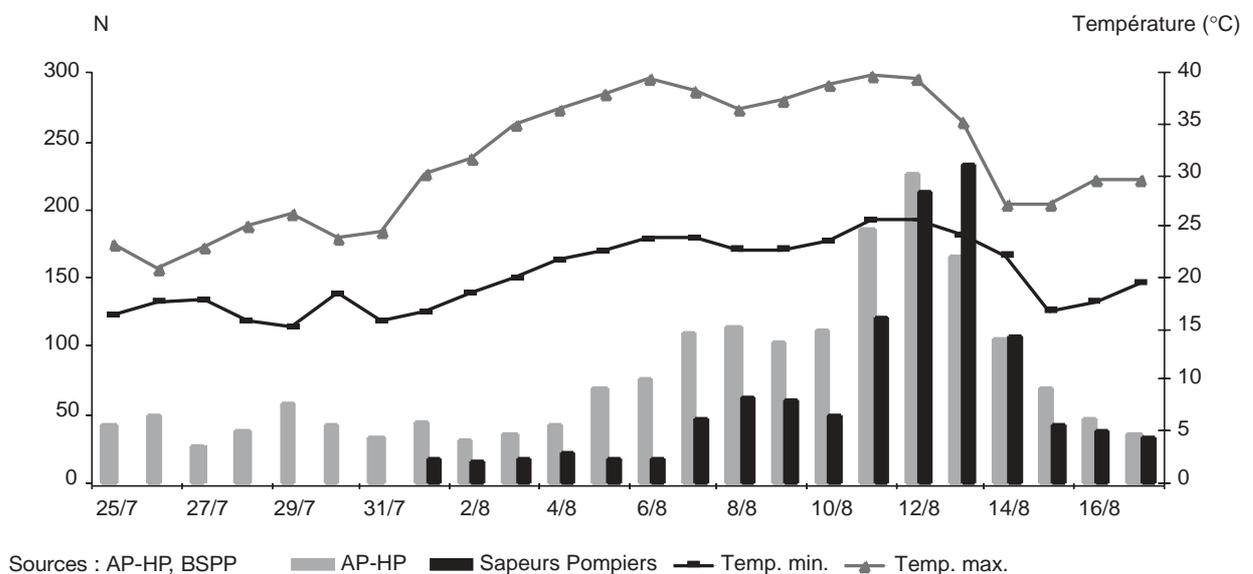
Le nombre moyen quotidien de décès hospitaliers entre le 25/07 et le 17/08/2002 était de 39. En août 2003, le nombre de décès hospitaliers a augmenté à partir du 6 août jusqu'au 10 août dans un premier temps puis a augmenté brutalement les 11, 12 et 13 août (figure 10). A partir du 14 août, le nombre quotidien de décès a décliné pour atteindre un chiffre « habituel » à partir du 16 août. Ainsi l'épidémie de décès hospitaliers a duré, en région parisienne, environ 10 jours, du 6 au 15 août.

Les données de mortalité fournies par la BSPP concernaient les décès pouvant être imputés à la canicule (décès non traumatiques). Le nombre de décès pris en charge par la BSPP présentait, tout comme les décès hospitaliers, une courbe épidémique en deux temps : une première augmentation entre le 7 et le 10 août avec un triplement du nombre de décès par rapport à la semaine précédente, puis une deuxième phase d'augmentation extrêmement brusque commençant le 11 août pour culminer le 13 août avec une multiplication par 10 du nombre de décès (figure 10). Après le pic de décès, le nombre de décès journaliers a rapidement décroché mais il semblait persister un excès de décès enregistrés par les pompiers entre le 15 et le 17 août.

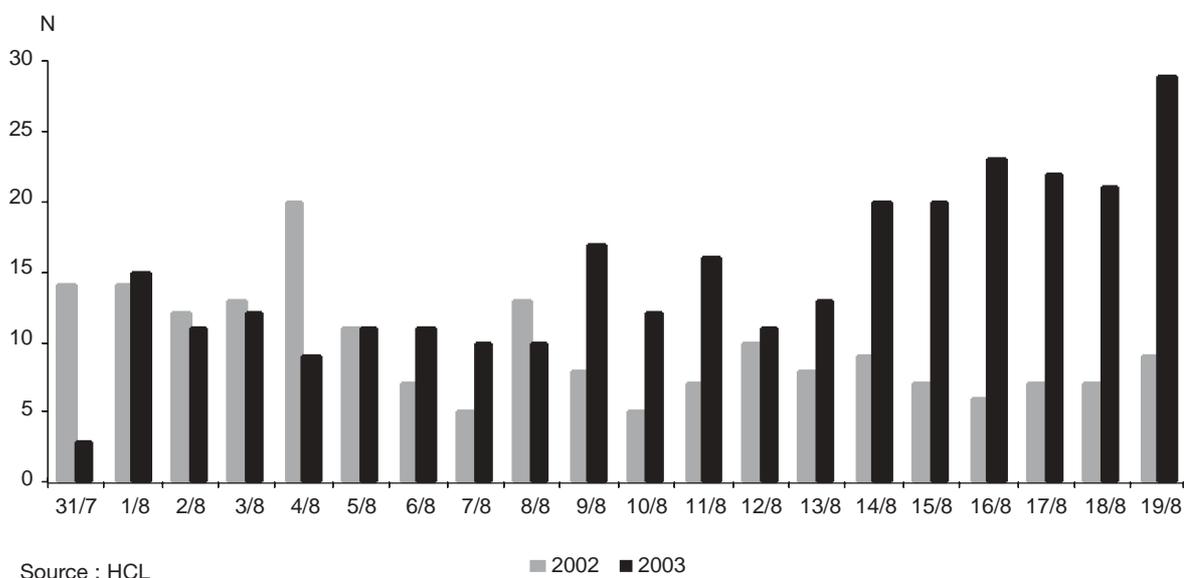
En comparant les courbes épidémiques de décès fournies par l'AP-HP et la BSPP, on peut constater une croissance en parallèle du nombre de décès avec un pic le 12 août pour les décès hospitaliers et un pic le 13 août pour les décès déclarés par la BSPP, dépassant en valeur absolue, le nombre de décès hospitaliers de la veille. On peut ainsi supposer qu'au moment où les températures nocturnes ont été les plus élevées à Paris, le nombre de décès à domicile a augmenté de façon marquée.

La mise en relation de la mortalité hospitalière et de celle constatée par la BSPP avec les données de température (maxima et minima) montre un parallélisme entre les courbes de température et le nombre de décès (figure 10).

**Figure 10.** Nombre de décès journaliers à Paris, recensés par l'AP-HP et la BSPP, entre le 25 juillet et le 17 août 2003



**Figure 11.** Nombre journalier de décès à Lyon, recensés par les HCL, entre le 31 juillet et le 19 août 2003



### 1.1.2. A Lyon

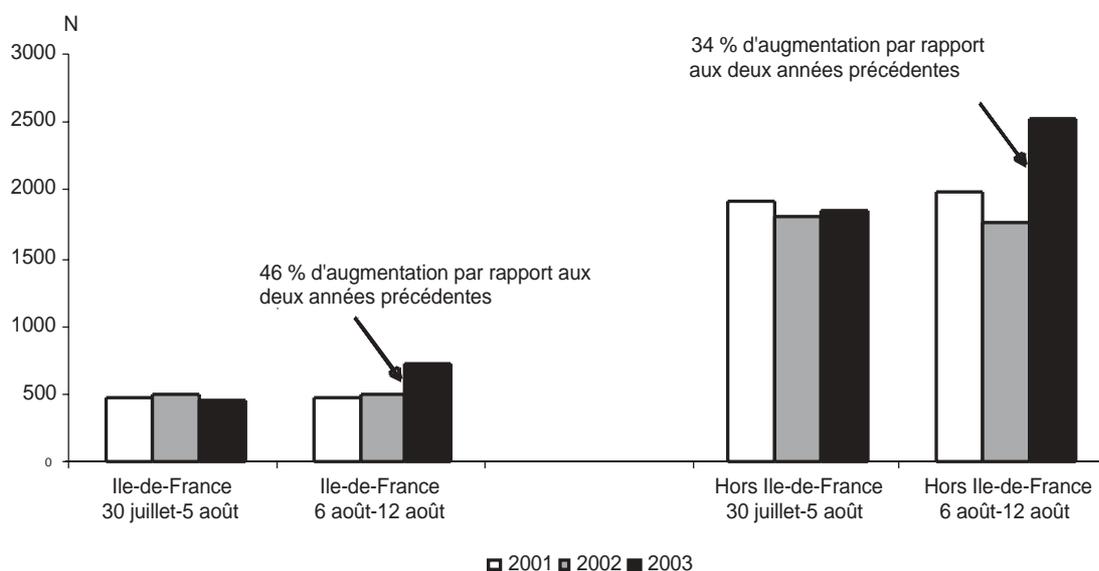
Les données de mortalité fournies par les HCL montrent une surmortalité qui s'est amorcée un peu avant celle constatée à Paris, avec un épisode entre le 3 et le 5 août, suivi d'un pic le 13 août. La durée de l'épidémie a été d'environ 10-11 jours avec un retour à la « normale » à partir du 14 août (figure 11).

## 1.2. Première évaluation de l'ampleur de l'épidémie

L'InVS s'est adressé aux Pompes funèbres générales (PFG) le 13 août 2003, cet organisme organisant environ 25 % des obsèques en temps normal, avec une répartition inégale sur le territoire.

Sur la période du 6 au 12 août 2003 les PFG ont constaté une augmentation de 37 % de leur activité par rapport à la même période en 2002, soit 867 mises en bière supplémentaires (figure 12).

**Figure 12.** Nombre de décès pris en charge par les Pompes funèbres générales entre le 30 juillet et le 12 août des années 2001 à 2003 (source : PFG)



Sur la base de cette information, une première estimation de l'ampleur de l'épidémie a été faite : le 13 août, le chiffre de 3 000 décès sur la première semaine a été avancé par l'InVS en tenant compte des deux éléments suivants :

- l'extrapolation du chiffre de surmortalité (37 %) observée en France sur la période du 6 au 12 août pourrait être excessive compte tenu de la surreprésentation de l'activité en région parisienne particulièrement touchée par la canicule, ainsi que de la plus grande mortalité en milieu urbain dans ce type de situation ;
- le délai entre le décès et l'enterrement qui a pu contribuer à minorer cette surmortalité.

Sur la base de cette première estimation, et compte tenu de la courbe épidémique de décès qui a culminé en Ile-de-France les 12 et 13 août, l'InVS a considéré, dans les jours qui suivirent, le chiffre de 5 000 décès annoncé comme plausible.

## 2. Résultats des cinq enquêtes épidémiologiques mises en place en août 2003

### 2.1. Enquête « interventions sanitaires à court terme »

#### 2.1.1. Objectif et méthodes

L'objectif de l'enquête était de suivre l'évolution de l'activité médicale urgente dans plusieurs grandes villes françaises durant la vague de chaleur.

A l'occasion de ce travail, il a été possible d'évaluer la réactivité et la sensibilité de ces sources d'information dans la perspective de la mise en place d'un réseau d'alerte sur la morbidité et la mortalité.

Quatre types d'intervenants ont été sollicités :

- le service d'accueil des urgences du Centre hospitalier universitaire (CHU) Purpan de Toulouse, de l'Assistance publique-Hôpitaux de Marseille (AP-HM), qui regroupe quatre services (hôpital Conception, hôpital Timone, hôpital Nord et hôpital Sud), du CHU de Nice et du CHU de Bicêtre ;
- les sapeurs pompiers de Paris et de Toulouse ;
- SOS médecins de Bordeaux et de Paris ;
- les SAMU (Service d'aide médicale urgente) des départements des Yvelines (78), de Seine-Saint-Denis (93), du Nord-Pas-de-Calais (59), des Bouches-du-Rhône (13) et de la Haute-Garonne (31).

Ces intervenants ont été sélectionnés pour des raisons pratiques (disponibilité des informations, informatisation de ces services) et non pas en fonction d'une quelconque représentativité de ces unités.

La période d'étude était définie du 25 mai au 19 août inclus pour les années 1999 à 2003.

Les données sollicitées étaient le volume d'activité journalier des intervenants pendant cette période et, si possible, des informations sur les motifs de consultation, l'âge, le sexe, la commune de résidence du patient et la date d'intervention. Les résultats devaient être transmis à l'InVS par courriel (en cas d'impossibilité par fax) le jeudi 14 août 2003 (pour la période du 25 mai au 12 août) et le vendredi 22 août (pour la période du 13 au 19 août).

#### 2.1.2. Résultats

##### Qualité des données

Les données recueillies étaient hétérogènes en ce qui concerne la nature des informations recueillies sur l'activité journalière des différents intervenants :

- les sapeurs pompiers de Paris ont fourni le nombre total de sorties, le nombre total d'interventions pour secours à victime, le nombre de victimes transportées en secteur hospitalier, par tranche d'âge et par département, le nombre de personnes décédées par tranche d'âge et par département ainsi que les différents motifs d'intervention pour secours à victime ;
- les sapeurs pompiers de Toulouse ont fourni le nombre total de sorties, le nombre d'interventions pour secours à personne et le nombre d'interventions pour sept causes ciblées (malaise, relevage de personne, personne ne répondant pas, chute de personne, appel de téléassistance, évacuation sanitaire) ;
- le SAMU 93 a fourni le nombre de régulations, le nombre de sorties SMUR (Service mobile d'urgence et de réanimation) et le nombre de décès ;
- le SAMU 13 a fourni le nombre total de régulations ;
- le SAMU 78 a fourni le nombre total de régulations, le nombre total de sorties SMUR et le nombre de décès pour la population tous âges confondus et pour les plus de 80 ans (avec décompte des déplacements à domicile ou en résidence pour personnes âgées) ;
- le SAMU 59 a fourni le nombre total de régulations et le nombre de sorties SMUR ;
- le SAMU 31 a fourni le nombre d'interventions primaires (en dehors des transferts entre établissements de soins), le nombre d'interventions médicalisées (SMUR), pour la commune de Toulouse ;
- SOS médecin de Bordeaux a fourni le nombre total de sorties et leur répartition en fonction du diagnostic (malaise, hyperthermie, insuffisance cardiaque, infarctus du myocarde, gêne respiratoire, asthme) et le nombre de décès ;

- SOS médecin de Paris a fourni le nombre total de sorties et leur répartition par diagnostic (coup de chaleur, malaise, dyspnée, douleur thoracique, vertiges, altération de l'état général, fièvre, infection urinaire, tachycardie, accident vasculaire cérébral) et le nombre de personnes décédées ;
- le service d'accueil des urgences de l'AP-HM a fourni le nombre total de passages aux urgences, pour l'ensemble de la population et pour les personnes âgées de plus de 75 ans ;
- le service des urgences de l'hôpital Purpan à Toulouse a fourni le nombre total de passages aux urgences, le nombre d'hospitalisations de durée supérieure ou inférieure à 24 h.

Les données recueillies étaient également hétérogènes en ce qui concerne la période de l'année renseignée et les années considérées pour lesquelles les données étaient disponibles (tableau 11).

**Tableau 11.** Données recueillies auprès des différents intervenants

Intervenants		Période de l'année renseignée	Années de recueil des données
SAMU	13 (Bouches-du-Rhône)	01/06-18/08	2002, 2003
	31 (Haute-Garonne)	24/05-18/08	2002, 2003
	59 (Nord-Pas-de-Calais)	25/05-19/08	1999 à 2003
	78 (Yvelines)	25/05-31/08	2002, 2003
	93 (Seine-Saint-Denis)	25/05-19/08	1999 à 2003
Sapeurs pompiers	Paris	01/08-31/08	1998, 2002, 2003
	Toulouse	23/05-19/08	2002, 2003
SOS médecins	Bordeaux	25/05-19/08	2000 à 2003
	Paris	25/05-19/08	2000 à 2003
Urgences	CHU Purpan (Toulouse)	25/05-19/08	1999 à 2003
	AP-HM	25/05-19/08	1999 à 2003

Dans le cadre de ce rapport, le choix a été fait de présenter la comparaison de l'activité des différents intervenants entre l'année 2002 et l'année 2003 sur les trois semaines encadrant la période caniculaire, entre le lundi 28/07/2003 et le dimanche 17/08/2003 (semaines 31 à 33). L'activité des intervenants variant selon le jour de la semaine – elle est, en particulier, plus importante le week-end –, l'activité en 2003 a été comparée à celle des semaines 31 à 33 de l'année 2002, c'est-à-dire entre le lundi 29/07/2002 et le dimanche 18/08/2002.

#### Activité de l'ensemble des intervenants

Même si globalement, l'activité de l'ensemble des intervenants est augmentée pour les semaines 31 à 33 en 2003 par rapport à 2002, cette augmentation est variable en fonction du type d'intervenant et de la région (tableau 12).

**Tableau 12.** Variation de l'activité sur l'ensemble de la période 28/07 au 17/08 en 2003 par rapport à 2002, en pourcentage<sup>7</sup>

Intervenants	Variation de l'activité (%)	
SAMU	13 (Bouches-du-Rhône)	+15,6
	31 <sup>a</sup> (Haute-Garonne)	+50,0
	59 (Nord-Pas-de-Calais)	+8,8
	78 (Yvelines)	+31,6
	93 (Seine-Saint-Denis)	Données manquantes
Sapeurs Pompiers	Toulouse	+26,2
	Paris	+15,9 <sup>b</sup>
SOS médecins	Bordeaux	+15,7
	Paris	+3,1
Urgences	Marseille (AP-HM)	+13,0
	Toulouse (Hôpital Purpan)	+16,0

<sup>a</sup> Données fournies sur les interventions et non sur les régulations

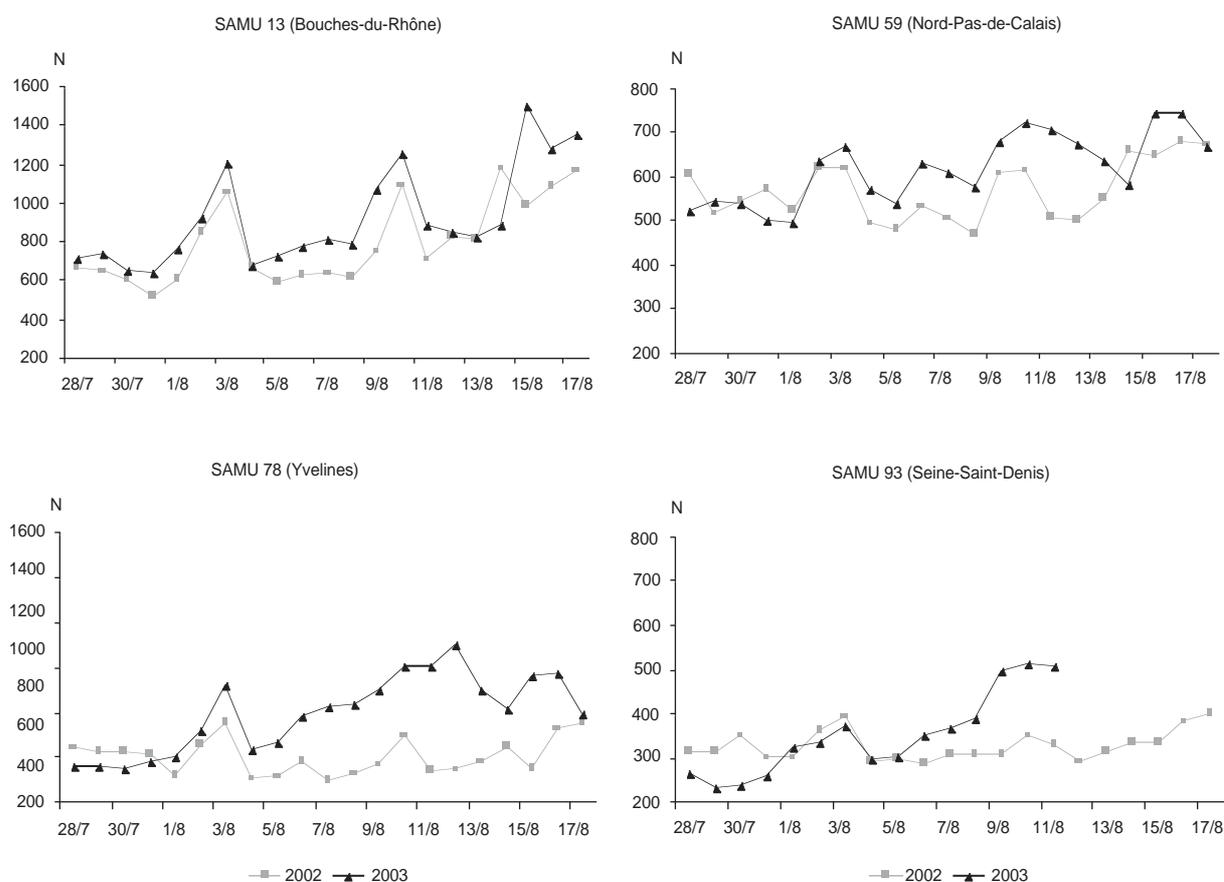
<sup>b</sup> Données disponibles pour la période du 1/08 au 17/08/2003

<sup>7</sup> Les données de l'année 2003 sont comparées aux données des semaines correspondantes en 2002 (29/07/2002 au 18/08/2002).

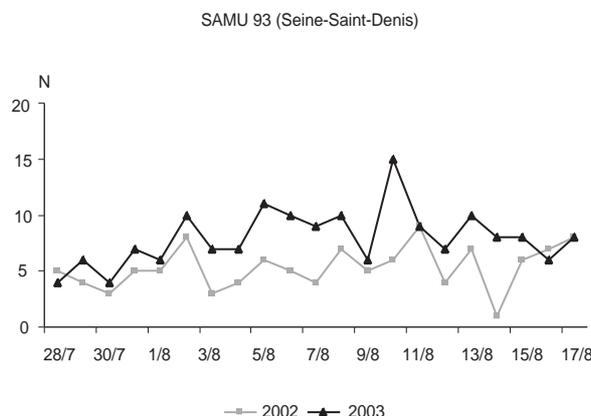
✓ *Activité des SAMU*

L'activité des SAMU est augmentée pour les semaines 32 et 33 (canicule) dans les cinq départements (figures 13 et 14). Elle est cependant plus marquée en région parisienne (+31,6 % dans le département 78) qu'à Lille (+8,8 %). De plus, pour les SAMU 13, 59 et 31, un pic d'activité est observé sur la semaine 32 (du 4 au 10 août) en 2003 par rapport à 2002 mais cette augmentation n'est pas confirmée la semaine suivante (figures 13 et 14). Le SAMU 78 voit, quant à lui, son activité augmenter régulièrement par rapport à 2002 sur l'ensemble des trois semaines. Cette augmentation s'observe essentiellement chez les personnes âgées de plus de 80 ans (figure 15). Il faut aussi noter que la comparaison de l'activité de 2002 à celle de 2003 du SAMU 13 (Bouches-du-Rhône) est difficile à faire compte tenu de l'extension de l'activité à tout le département en 2003.

**Figure 13.** Nombre de régulations des SAMU 13 (Bouches-du-Rhône), 59 (Nord-Pas-de-Calais), 78 (Yvelines), 93 (Seine-Saint-Denis) : comparaison des données des semaines 31 à 33 des années 2002 et 2003<sup>8,9</sup>



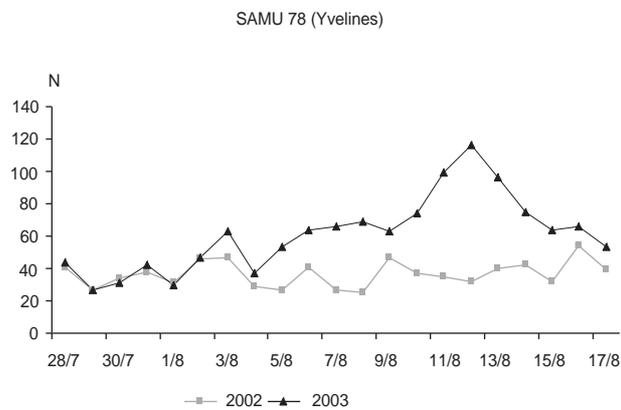
**Figure 14.** Nombre d'interventions du SAMU 31 (Haute-Garonne) : comparaison des données des semaines 31 à 33 des années 2002 et 2003<sup>8</sup>



<sup>8</sup> En abscisse, figure la date pour l'année 2003 (28/07/2003 au 17/08/2003). Les données de l'année 2003 sont comparées aux données des semaines correspondantes en 2002 (29/07/2002 au 18/08/2002).

<sup>9</sup> Noter les échelles différentes selon les intervenants.

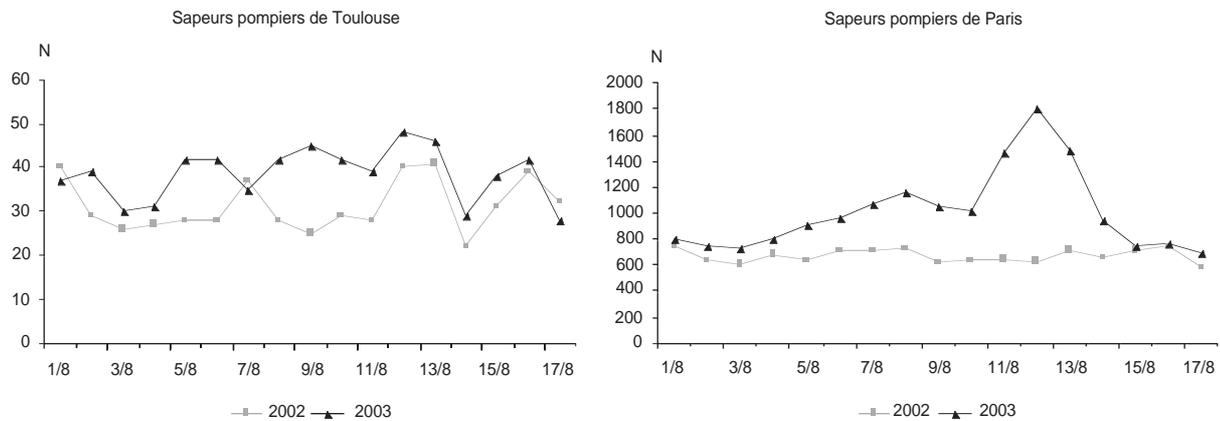
**Figure 15.** Nombre d'interventions du SAMU 78 chez les personnes âgées de plus de 80 ans : comparaison des données des semaines 31 à 33 des années 2002 et 2003<sup>8</sup>



✓ *Activité des sapeurs pompiers*

A Paris, le nombre de sorties pour secours à victimes a augmenté brutalement le 10 août, jusqu'à atteindre plus de 1 800 interventions (figure 16). A Toulouse, même si le nombre de sorties est très inférieur (moins de 100 interventions par jour) à celui des pompiers de Paris, l'excès d'activité porte sur toute la période d'étude, avec deux pics d'activité les 9 et 12 août et une diminution d'activité au 14 août (figure 16).

**Figure 16.** Nombre d'interventions pour secours à victimes des sapeurs pompiers de Toulouse et de Paris : comparaison des données du 1<sup>er</sup> au 17 août 2003 aux données 2002<sup>9,10</sup>



✓ *Activité de SOS médecins*

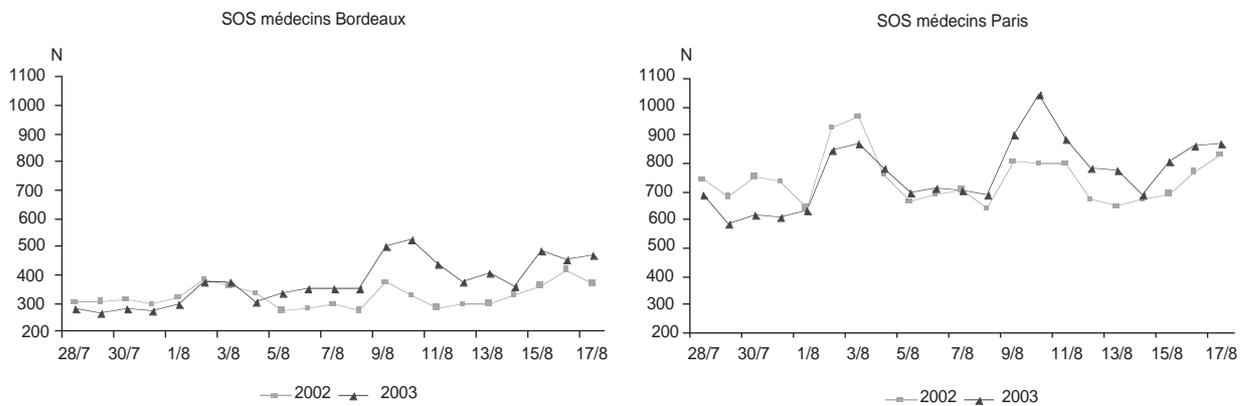
L'activité totale de SOS médecins de Bordeaux est augmentée du 4 au 17 août 2003 de 26,3 % par rapport à l'activité de cette même période en 2002 (figure 17). Dans le même temps, SOS médecins Paris enregistrait une augmentation d'activité d'environ 10 %.

<sup>8</sup> En abscisse, figure la date pour l'année 2003 (28/07/2003 au 17/08/2003). Les données de l'année 2003 sont comparées aux données des semaines correspondantes en 2002 (29/07/2002 au 18/08/2002).

<sup>9</sup> Noter les échelles différentes selon les intervenants.

<sup>10</sup> Comparaison des données du 1/08 au 17/08/2003 à celles du 2/08 au 18/08/2002.

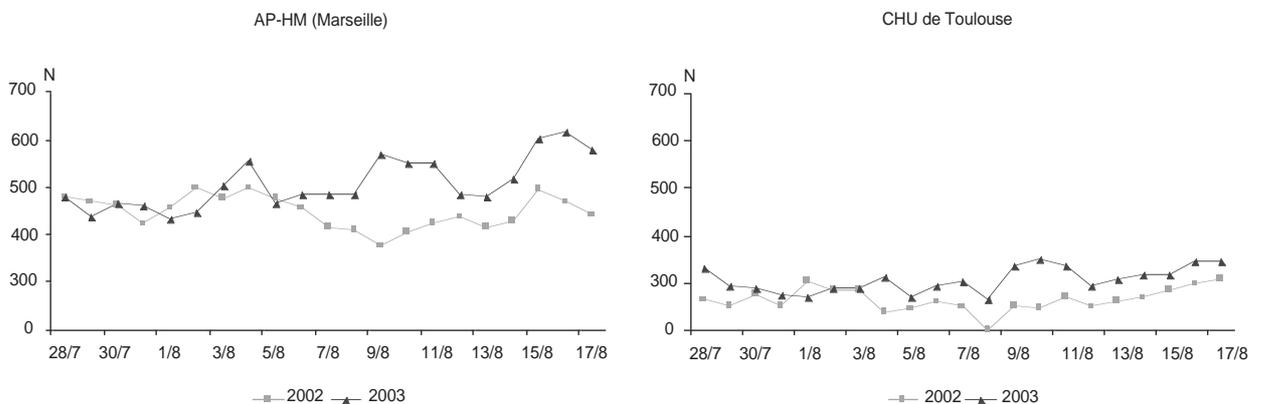
**Figure 17.** Nombre d'interventions de SOS médecins Bordeaux et Paris : comparaison des données des semaines 31 à 33 des années 2002 et 2003<sup>8</sup>



✓ *Activité des services d'accueil aux urgences*

On observe une augmentation du nombre de passages aux urgences des hôpitaux de Marseille (+13 % sur toute la période) et du CHU de Toulouse (+16 %) entre 2002 et 2003. Cette augmentation est surtout observée du 4 au 17 août (figure 18).

**Figure 18.** Nombre de passages aux urgences des hôpitaux de l'AP-HM (Marseille) et du CHU de Toulouse : comparaison des données des semaines 31 à 33 des années 2002 et 2003<sup>8</sup>



**Analyse spécifique de la morbidité**

Une analyse spécifique des données de morbidité n'a pu être réalisée que pour certains intervenants :

- Sapeurs pompiers :
  - Toulouse : malaise ;
  - Paris : affections cardiaques, affections respiratoires, psychiatriques et malaise.
- SOS médecins :
  - Bordeaux : insuffisance cardiaque, infarctus du myocarde, hyperthermie, gêne respiratoire ;
  - Paris : malaise, hyperthermie, gêne respiratoire.

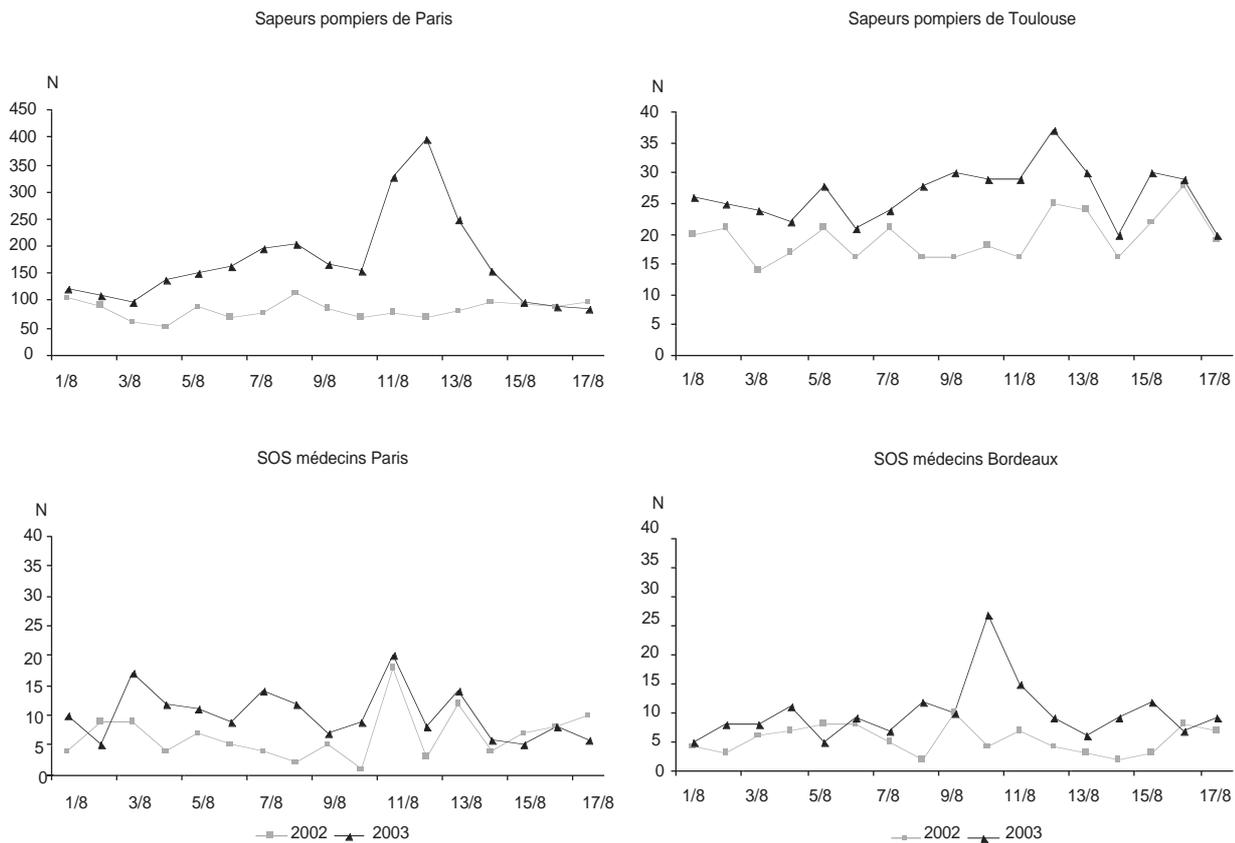
✓ *Interventions pour malaise*

Le nombre d'interventions des pompiers pour ce motif était plus élevé à Paris (165 par jour en moyenne) qu'à Toulouse (24 par jour en moyenne) (figure 19). A Paris dès le 4 août, ce nombre augmentait progressivement pour culminer à 396 interventions le 12 août. L'augmentation sur toute la période est de +45 %. On observe également une augmentation du nombre d'interventions pour malaise des pompiers de Toulouse en 2003 par rapport en 2002 pour la même période mais cette dernière est plus modérée (+37 % sur toute la période) et sans pic.

<sup>8</sup> En abscisse, figure la date pour l'année 2003 (28/07/2003 au 17/08/2003). Les données de l'année 2003 sont comparées aux données des semaines correspondantes en 2002 (29/07/2002 au 18/08/2002).

Le nombre d'interventions pour malaise de SOS médecins est du même ordre à Paris (10,2 par jour en moyenne) qu'à Bordeaux (9,9 par jour en moyenne). L'augmentation d'activité, sur la période du 1<sup>er</sup> au 17 août 2002, par rapport à 2003, était de +54 % pour SOS médecins de Paris contre +86 % pour SOS médecins de Bordeaux. On observe un pic d'activité pour SOS médecins de Bordeaux le 10 août (figure 19).

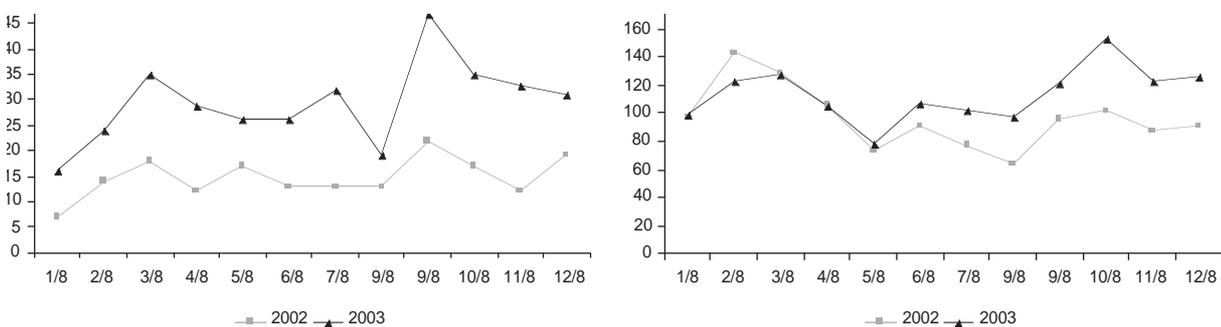
**Figure 19.** Nombre d'interventions pour malaise des sapeurs pompiers de Paris et de Toulouse et de SOS médecins de Paris et de Bordeaux : comparaison des données du 1<sup>er</sup> au 17 août 2003 aux données 2002<sup>9,10</sup>



✓ *Interventions pour hyperthermie*

Le nombre total d'interventions pour hyperthermie de SOS médecins de Bordeaux a doublé en 2003 par rapport à 2002 sur la période du 1<sup>er</sup> au 12 août, alors que celui de SOS médecins Paris n'augmente que de 17 % sur la même période (figure 20).

**Figure 20.** Nombre d'interventions pour hyperthermie de SOS médecins Bordeaux et Paris : comparaison des données du 1<sup>er</sup> au 12 août 2003 aux données 2002<sup>9,11</sup>



<sup>9</sup> Noter les échelles différentes selon les intervenants.

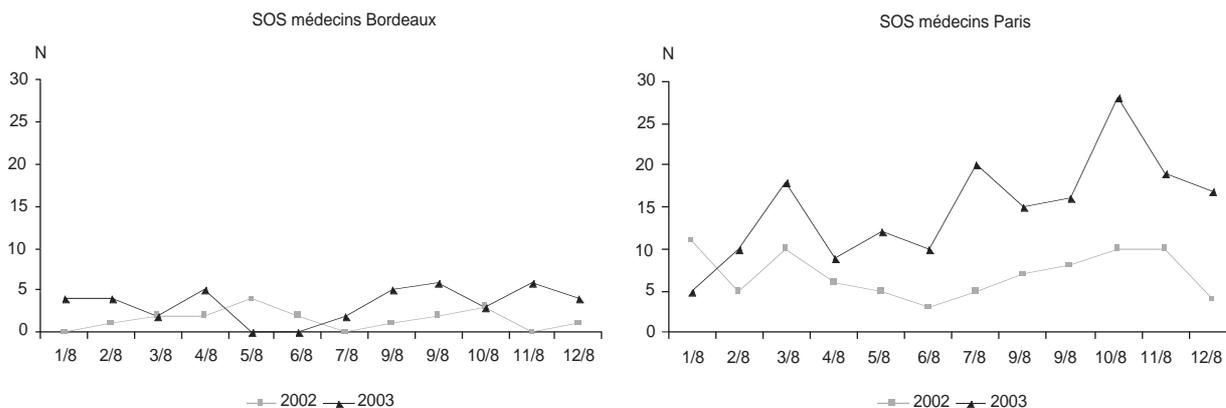
<sup>10</sup> Comparaison des données du 1/08 au 17/08/2003 à celles du 2/08 au 18/08/2002.

<sup>11</sup> Comparaison des données du 1/08 au 12/08/2003 à celles du 2/08 au 13/08/2002.

### ✓ Interventions pour gêne respiratoire ou dyspnée

Le nombre total d'interventions pour gêne respiratoire de SOS médecins de Bordeaux et de Paris a doublé sur la période 1<sup>er</sup> au 12 août entre 2002 et 2003. L'analyse portant sur de faibles effectifs, il paraît difficile de dégager des tendances sur cette période (figure 21).

**Figure 21.** Nombre d'interventions pour gêne respiratoire ou dyspnée de SOS médecins Bordeaux et Paris : comparaison des données du 1<sup>er</sup> au 12 août 2003 aux données 2002<sup>11</sup>



### 2.1.3. Conclusions

Pendant la période caniculaire, l'activité de la majorité des intervenants s'est accrue. Globalement, les résultats étaient concordants pour de nombreux indicateurs étudiés.

La sensibilité de certains indicateurs est notable, comme les « malaises » à la fois utilisés par les sapeurs pompiers et SOS médecins. De même, les sorties SAMU 78 pour les personnes âgées de plus de 80 ans constituent un indicateur très sensible pour la période caniculaire.

Le nombre d'indicateurs fournis par les différents intervenants était très variable. De même que la réactivité des différents intervenants : les données des pompiers, des SAMU et de SOS médecins ont été facilement obtenues contrairement à celles des services d'accueil des urgences.

Ces éléments seront importants à prendre en compte dans l'élaboration d'un dispositif d'alerte basé sur les services d'urgence.

## 2.2. Décès par coup de chaleur dans les établissements de santé en France : 8 août - 19 août 2003

### 2.2.1. Introduction

Une vague de chaleur sans précédent est survenue en France au mois d'août 2003. L'impact d'une température élevée sur la mortalité est rapide (28). Il se traduit notamment par une augmentation des décès secondaires à une décompensation de pathologies cardiovasculaires et respiratoires. Les décès par coup de chaleur, directement attribuables à la chaleur, représentent, selon les études (56), de 10 % à 50 % de l'excès de mortalité observé lors d'une vague de chaleur. En l'absence d'environnement médical lors du décès, le diagnostic rétrospectif est difficile (44).

Il est important de décrire les caractéristiques des personnes victimes d'un coup de chaleur car une majorité de ces décès peut être évitée par des mesures de prévention (29) lorsque les groupes les plus vulnérables sont identifiés. C'est l'objectif de cette étude qui a été menée en sollicitant tous les établissements de santé du territoire français.

### 2.2.2. Méthodes

#### Population d'étude

Il s'agissait de toute personne décédée entre le 8 et le 19 août 2003 inclus dans un établissement de santé, dont la température corporelle était au moins égale à 40,6°C au moment du décès et pour laquelle les autres causes d'hyperthermie ont pu être raisonnablement exclues (16;44). Une deuxième information

<sup>11</sup> Comparaison des données du 1/08 au 12/08/2003 à celles du 2/08 au 13/08/2002.

après de ces établissements de santé a précisé qu'il fallait que la personne ait présenté une telle température corporelle avant toute manœuvre de refroidissement et non pas forcément lors du décès. Compte tenu de l'urgence de la situation et de la difficulté à établir un diagnostic rétrospectif chez les personnes décédées en dehors du milieu hospitalier (44), cette étude ne concerne que les établissements de santé. En pratique, les médecins ont signalé les décès qu'ils jugeaient directement liés à la chaleur.

### Recueil des données

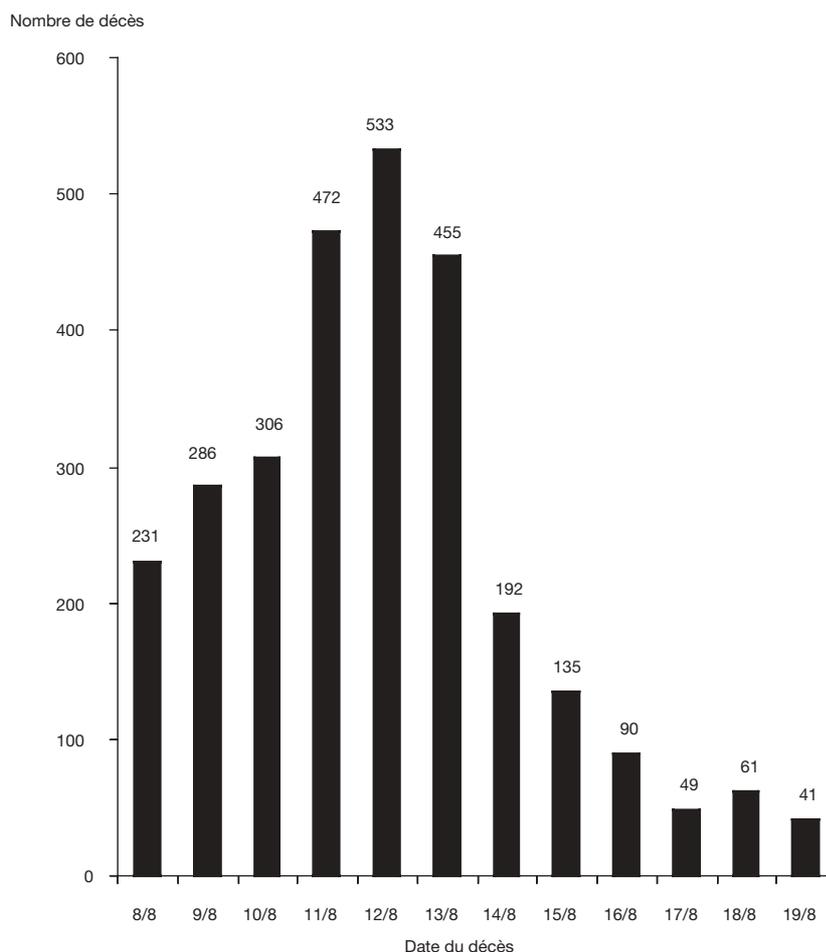
La fiche d'enquête (annexe 3) a été transmise aux établissements de santé métropolitains susceptibles d'assurer la prise en charge du coup de chaleur (centres hospitaliers, centres hospitaliers régionaux, centres hospitalo-universitaires, centres hospitaliers ou cliniques psychiatriques, hôpitaux locaux, centres de soins de longue durée, cliniques privées et établissements de moyen séjour) le 12 août, une relance ayant été effectuée le 21 août. A partir du 25 août, les Ddass ont relancé les établissements non répondants. Au total, sur les 2 601 établissements sollicités, 1 634 ont répondu, dont 68 % des établissements publics, 61 % des établissements privés à but non lucratif et 50 % des établissements privés de type commercial.

### 2.2.3. Résultats

Du 8 au 19 août, 2 851 décès jugés comme consécutifs à un coup de chaleur ont été diagnostiqués dans un établissement de santé. Plus de la moitié d'entre eux sont survenus entre le 11 et le 13 août (figure 22). Une température corporelle de 40,6°C ou plus avant le décès était notée chez 48 % des personnes décédées (14 % de données manquantes). La température corporelle médiane était de 41°C [25<sup>ème</sup> percentile–75<sup>ème</sup> percentile : 40°C–42°C].

La majorité des décès (81 %) est survenue chez des personnes âgées de 75 ans ou plus, et 65 % des décès sont survenus chez des femmes. Ces proportions restent similaires quel que soit le jour du décès. Les taux de mortalité spécifiques par classe d'âge (tableau 13) montrent une augmentation importante de la mortalité par coup de chaleur à partir de 75 ans aussi bien chez les hommes que chez les femmes.

Figure 22. Répartition des décès par coup de chaleur selon le jour du décès



**Tableau 13.** Taux de décès spécifiques par âge pour coup de chaleur chez les hommes et chez les femmes<sup>a</sup>

Age	Femmes			Hommes		
	n	%	Taux <sup>b</sup>	n	%	Taux <sup>b</sup>
0 à 59 ans	45	2	0,196	100	10	0,430
60 à 64 ans	17	1	1,203	36	4	2,740
65 à 69 ans	50	3	3,367	71	7	5,578
70 à 74 ans	107	6	7,625	104	10	9,577
75 à 79 ans	204	11	15,807	162	16	18,490
80 à 84 ans	375	21	64,541	214	22	64,137
85 à 89 ans	344	19	53,563	144	15	50,493
90 à 94 ans	452	25	153,626	119	12	123,741
95 ans ou plus	229	12	252,837	41	4	197,447
Total	1 823	100	5,989	991	100	3,487

<sup>a</sup> Données manquantes pour l'âge ou le sexe : n = 37

<sup>b</sup> Taux calculé pour 100 000 personnes à partir des données du recensement de 1999 (source : Insee)

Il a été notifié, chez les personnes âgées de 60 ans ou plus, une maladie mentale (30 %), un traitement psychotrope (17 %), un diabète (12 %), une obésité (7 %). Une autre pathologie était notifiée chez 59 % des personnes de ce groupe d'âge, dont 39 % de pathologies cardiaques.

Chez les personnes âgées de moins de 60 ans (n = 156), ces taux de notification étaient respectivement de 41 % pour les maladies mentales, 38 % pour les traitements psychotropes, 14 % pour le diabète, 17 % pour l'obésité. Une consommation excessive d'alcool était notifiée chez 20 % d'entre elles. Une autre pathologie était notifiée chez 46 % des personnes de ce groupe d'âge. Il s'agissait de pathologies chroniques diverses, mais 31 % de ces pathologies correspondaient à un handicap sévère (tétraplégie, sclérose en plaques, trisomie, encéphalopathie). Trois décès sont répertoriés chez des personnes de moins de 20 ans, dont deux chez des enfants de sept et trois ans.

Dans cette étude, environ 1 % des personnes décédées étaient sans domicile fixe (n = 16), 16 % vivaient seules, 20 % dans un logement sans être seules et 63 % en institution. Cette institution était une clinique ou un centre psychiatrique (3 %), un établissement hospitalier (25 %), un centre de long séjour (25 %) ou une maison de retraite (47 %). Ces personnes étaient significativement plus âgées que celles qui vivaient en logement individuel (tableau 14). Les résidents des centres de long séjour ou en maison de retraite étaient particulièrement âgés : respectivement 53 % et 61 % des décès sont survenus chez des personnes qui étaient âgées de 85 ans ou plus. Le niveau de dépendance en institution a été globalement estimé sur la base des notifications pour une des pathologies chroniques suivantes : accident vasculaire cérébral, démence, état grabataire ou de dépendance physique. Il était de 7 % chez les personnes qui vivaient seules, 11 % chez celles qui vivaient dans un logement sans être seules, 16 % en centre hospitalier, 33 % en centre de long séjour et 18 % en maison de retraite.

**Tableau 14.** Répartition des décès par coup de chaleur selon les lieux de vie et l'âge

Age (ans)	Logement individuel		Hôpital <sup>a</sup> n = 402	Long séjour n = 346	Maison de retraite n = 654
	Vivant seul n = 402	Ne vivant pas seul n = 479			
< 60	26 (6 %)	43 (9 %)	32 (4 %)	5 (1 %)	10 (1 %)
60-74	70 (17 %)	97 (20 %)	54 (13 %)	38 (11 %)	51 (8 %)
75-84	127 (32 %)	200 (42 %)	140 (35 %)	118 (34 %)	192 (29 %)
≥ 85	179 (44 %)	139 (29 %)	176 (44 %)	185 (53 %)	401 (61 %)

<sup>a</sup> Centres hospitaliers spécialisés ou non, cliniques

La date de début des symptômes, renseignée pour 2 417 décès, correspondait au jour même ou à la veille du décès chez 47 % d'entre eux. Ce délai n'était lié ni à l'âge, ni au sexe, ni au type de logement. Cependant, 24 % des cas avec une température corporelle supérieure ou égale à 40,6°C étaient décédés le jour même du début des symptômes versus 13 % des cas avec une température inférieure à 40,6°C, la différence étant statistiquement significative.

Hormis le délai entre le début des symptômes et le décès, la proportion de femmes, l'âge au moment du décès, le lieu de vie habituel et la répartition par date de décès étaient similaires chez les personnes décédées avec une température corporelle enregistrée à moins de 40,6°C et chez celles avec une température corporelle supérieure ou égale à 40,6°C.

#### **2.2.4. Discussion**

Cette étude a débuté le 8 août pendant la phase épidémique et a été menée en milieu hospitalier ; elle n'est donc pas exhaustive. La définition du coup de chaleur est consensuelle (44), mais peu opérationnelle pour le personnel médical chargé d'établir un diagnostic. Ceci explique que la température avant le décès ne corresponde pas toujours strictement à la définition. Néanmoins 1 377 cas ont été confirmés (48 %).

Très peu de décès pédiatriques ont été observés, l'information des parents et l'importance de la surveillance médicale à cet âge (6) expliquant en partie la rareté des décès chez les enfants (4). Par contre, les personnes âgées, notamment celles de 75 ans et plus, ont payé un lourd tribut à la vague de chaleur, comme cela a été constaté à Athènes en 1987 (6) et à Chicago en 1995 (28). A la fragilité de la personne âgée, s'ajoutent la fréquence élevée des pathologies associées après l'âge de 60 ans, l'absence d'une thermorégulation efficace et l'atténuation de la sensation de soif (6).

Parmi les personnes décédées avant l'âge de 60 ans, la fréquence élevée d'une notification pour maladie mentale (41 %) suggère qu'il s'agit d'un facteur de risque de décès lié à la chaleur. Ce résultat est souvent décrit dans d'autres études (4;17). Les personnes souffrant de troubles mentaux semblent fragiles face à une vague de chaleur en raison de la prise de médicaments favorisant l'hyperthermie, mais également parce qu'elles sont peu conscientes du danger que représente la canicule.

Près des deux tiers des personnes décédées vivaient en institution. Hormis l'hôpital qui pouvait être un lieu de vie transitoire, il s'agissait le plus souvent de centres de long séjour et de maisons de retraite qui accueillent des résidents très âgés et dépendants (57).

Près de la moitié des cas répertoriés sont survenus alors que les premiers symptômes étaient apparus le jour même ou la veille du décès. Lors de la deuxième vague de chaleur en 1999 à Chicago, plus de la moitié des personnes décédées avaient parlé à quelqu'un ou eu un contact visuel le jour même ou la veille (17), confirmant ainsi la rapidité avec laquelle le coup de chaleur peut survenir.

#### **2.2.5. Conclusion**

Cette étude suggère que les personnes peu autonomes, telles que les personnes âgées, les personnes souffrant d'un handicap physique ou d'une maladie mentale, sont très vulnérables à la chaleur. Lors d'une canicule, elles devraient s'exposer le moins longtemps possible à des températures ambiantes élevées, ce qui préviendrait l'apparition du coup de chaleur qui peut évoluer rapidement vers le décès.

### **2.3. Evaluation de la surmortalité en France**

*L'évaluation de la surmortalité en France été confiée par le ministre de la Santé, de la Famille et des Personnes handicapées à D. Hémon (Inserm, U170) et à E. Jouglu (Inserm, CépiDc) le 20 août 2003. Elle a donné lieu à la publication d'un rapport d'étape le 25/09/2003 fournissant l'estimation globale de la surmortalité liée à la canicule d'août (« enquête Inserm » (1)).*

*Ce travail réalisé par l'Inserm avait été précédé de deux enquêtes menées par l'InVS, en collaboration avec le ministère de l'Intérieur (« enquête préfecture ») puis en collaboration avec le CépiDc (enquête « Estimation de la surmortalité due à la canicule entre le 1<sup>er</sup> et le 15 août 2003 à partir des certificats de décès » (2)). Cette deuxième enquête a permis de fournir la première estimation de la surmortalité liée à la canicule entre le 1<sup>er</sup> et le 15 août 2003. Ces deux enquêtes ont permis de faciliter la remontée des certificats de décès au CépiDc.*

Ces trois enquêtes sont reprises ci-dessous.

#### **2.3.1. Estimation de la surmortalité à partir des données administratives de décès au 15 août 2003 (« enquête préfecture »)**

Dans le but d'établir une première évaluation de la surmortalité due à la vague de chaleur sur l'ensemble du territoire, le ministère de l'Intérieur a demandé le 13 août aux préfets de tous les départements de

transmettre le nombre de décès survenus jour par jour dans le département à partir du 25 juillet pour les années 2002 et 2003.

Dans l'attente de données consolidées, de nombreux départements ont adressé, ainsi qu'il leur était demandé dans la télécopie d'instruction, des données partielles ou une estimation qualitative.

En ce qui concerne la mortalité en 2002 pendant la même période, les données fournies par les départements ont été utilisées. En cas de non disponibilité de ces données localement, les données journalières de mortalité pour chaque département fournies par le CépiDc (correspondant au nombre de décès enregistrés par l'Insee) ont été utilisées.

Le nombre de départements ayant répondu a été de 88 sur 96 (92 %). Le nombre de départements sur lesquels porte l'analyse est de 63 (65 %).

Des disparités importantes entre les départements et au sein d'un même département ont été observées :

- en cohérence avec les données fournies par les Pompes funèbres générales, la surmortalité était plus importante dans les départements franciliens analysés ;
- il existait un différentiel de mortalité hétérogène entre les départements, variant entre 53 % dans les Pyrénées Orientales et +141 % dans le Val-de-Marne ;
- au sein d'un département, des variations importantes ont été signalées. Par exemple, dans les Alpes-de-Haute-Provence, il semble que la zone sud-ouest du département correspondant aux cantons de Manosque et Forcalquier ait été plus touchée que la zone nord, zone de montagne où les conditions climatiques sont restées plus clémentes. Dans le Vaucluse, les 15 communes les plus importantes ont été analysées. Avignon présentait une variation entre 2002 et 2003 de -8 % de décès, les 14 autres communes présentant +38 % de décès pour la période d'étude. En Gironde, l'analyse portait sur un peu plus de 30 % des communes et montre, à Bordeaux, une augmentation du nombre de décès en 2003 par rapport à 2002 de +68 % et de +39 % dans les autres communes.

Ces données appellent les éléments de discussion suivants :

- beaucoup de départements ont basé leur estimation sur les données des mairies des communes les plus importantes. Ceci conduit sans doute à une surestimation du fait d'une mortalité plus élevée dans les grandes et moyennes communes qui sont notamment le siège des établissements hébergeant les personnes âgées ;
- certains départements ont fourni leur estimation sur une partie de leur territoire, généralement les grandes villes, d'autres sur la totalité. Il est donc difficile de comparer des augmentations basées sur des populations différentes ;
- les données des derniers jours de la période d'étude (11, 12 et 13 août) ne sont souvent pas consolidées, conduisant sans doute à une sous-estimation de la surmortalité ;
- les données de mortalité recueillies au sein de chaque département sont des données brutes, non validées par le CépiDc. Elles peuvent contenir des doublons ou au contraire ne pas être exhaustives.

A partir des données de cette enquête, il n'a donc pas été possible de fournir une estimation précise de la surmortalité sur l'ensemble du territoire.

Une amélioration de la remontée des informations s'est avérée nécessaire afin de consolider rapidement les données pour l'ensemble des communes de tous les départements.

### **2.3.2. Estimation de la surmortalité due à la canicule entre le 1<sup>er</sup> et le 15 août 2003 à partir des certificats de décès**

Afin de procéder à l'analyse la plus complète de la surmortalité liée à la vague de chaleur du mois d'août 2003, il a été décidé, le samedi 16 août 2003, de lancer une enquête s'appuyant sur le volet médical des certificats de décès transmis aux Ddass par les mairies.

Cette enquête avait deux objectifs :

- 1) dénombrer le nombre de décès par département et par jour et ce de façon quotidienne jusqu'au 15 septembre afin d'estimer de façon fiable l'ampleur de la mortalité ;
- 2) analyser la population décédée en terme d'âge, de sexe, de commune de décès et de lieu de décès (domicile, maison de retraite, hôpital).

Par une circulaire du ministre de la Santé, de la Famille et des Personnes handicapées, adressée aux préfets des départements de France métropolitaine le 17 août 2003, il était demandé :

- aux maires de transmettre quotidiennement aux Ddass les certificats de décès dès leur enregistrement ;
- aux Ddass d'effectuer un décompte quotidien du nombre de décès et d'adresser ce décompte à l'InVS avec copie aux Cellules interrégionales d'épidémiologie (Cire).

Pour répondre à l'analyse précise des caractéristiques de la population décédée, les Ddass ont reçu l'instruction d'adresser les certificats de décès, dès qu'elles en avaient fait le décompte, au CépiDc (Inserm) qui est le centre chargé du traitement en routine des causes médicales de décès.

Les premiers envois des Ddass ont eu lieu le vendredi 22, le lundi 25 et le mardi 26 août 2003. A la date du 26 août 2003, il était possible de fournir une première estimation de la mortalité jusqu'au 15 août. A cette date, l'ensemble des 96 Ddass de France métropolitaine avaient répondu à la première vague de l'enquête. Du fait des délais de transmission des certificats de décès des mairies aux Ddass, le nombre de décès entre le 1<sup>er</sup> et le 15 août 2003 n'était pas encore définitivement consolidé. Néanmoins la remontée des certificats de décès par les Ddass ne présentait plus de variations importantes susceptibles de modifier de façon notable le nombre de décès dans la période du 1<sup>er</sup> au 15 août 2003.

Ainsi, 32 065 décès survenus entre le 1<sup>er</sup> et le 15 août 2003 ont été déclarés à l'InVS.

Afin d'apprécier la mortalité qui pourrait être liée à la vague de chaleur, le nombre de décès observés en 2003 a été comparé à la moyenne du nombre de décès observés pour la même période (1<sup>er</sup>-15 août) calculé sur une période de trois ans de 2000 à 2002 (19 632 décès). Cette comparaison montre une différence de 12 432 décès.

Cependant, ce nombre brut ne permettait pas d'estimer de façon fiable l'impact de la vague de chaleur en terme de mortalité. En effet, le vieillissement de la population française se traduit par une augmentation de la population dans les classes d'âge les plus élevées et donc par une augmentation du nombre de décès dans ces classes d'âge. Il est donc nécessaire de prendre en compte le vieillissement de la population française pour fournir une estimation fiable de la surmortalité en relation avec la vague de chaleur. Le nombre total de décès survenus entre le 1<sup>er</sup> et le 15 août 2003 en France métropolitaine et signalés à l'InVS à la date du 26 août a donc été comparé au nombre de décès attendu en 2003. Ce nombre attendu a été calculé en appliquant les taux moyens de décès observés par tranche d'âge quinquennale et par sexe pour les années 2000, 2001 et 2002 aux projections de population fournies par l'Insee pour 2003. La comparaison effectuée tenant compte de l'évolution de la structure par âge de la population donne une estimation de la surmortalité globale observée au cours des 15 premiers jours d'août 2003.

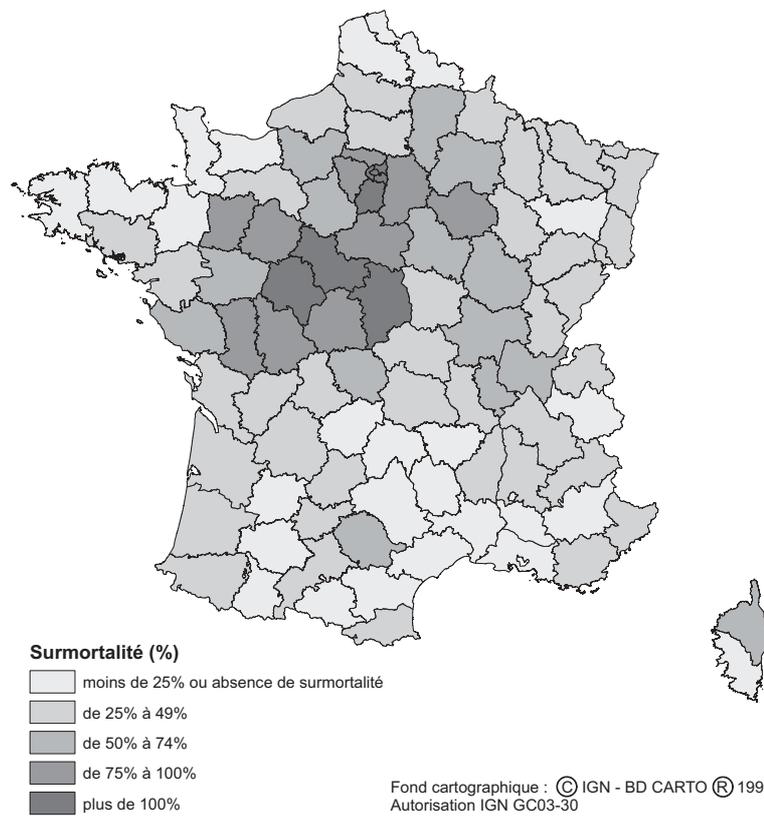
Cette analyse de la surmortalité globale est basée sur les données disponibles à l'InVS à la date du 26 août 2003 :

- le nombre de décès survenus entre le 1<sup>er</sup> et le 15 août 2003 en France métropolitaine et déclarés à l'InVS sur la base des certificats de décès collectés par les Ddass à la date du 26 août était de 32 065 ;
- le nombre de décès attendu entre le 1<sup>er</sup> et le 15 août 2003 en France métropolitaine sur la base de la mortalité en 2000, 2001 et 2002 corrigée des variations de structure par âge de la population était de 20 630 ;
- la surmortalité globale observée du 1<sup>er</sup> au 15 août 2003 a pu être chiffrée à 11 435 décès, soit une augmentation de la mortalité totale de 55 %.

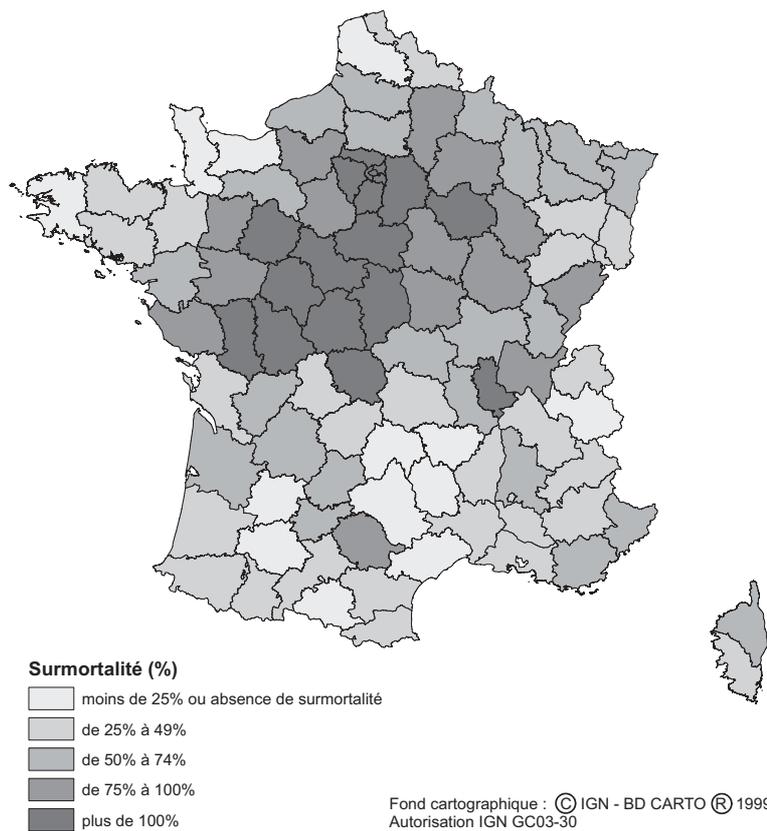
La figure 23a présente, par département, la différence de mortalité constatée entre la moyenne du nombre de décès entre le 1<sup>er</sup> et le 15 août des années 2000, 2001 et 2002 et le nombre observé sur la même période en 2003. La surmortalité semble toucher plus le Centre et le Nord de la France que le Sud, en épargnant plus ou moins les départements côtiers. On observe un gradient entre les départements côtiers et le Centre de la France dans lequel sont observés les plus grands excès de mortalité. Les données sur lesquelles se basent ces estimations sont provisoires : elles ont été établies à partir du nombre de décès transmis par les Ddass à l'InVS en date du 26 août. Certains départements présentent une sous-déclaration, constatée en comparant les données fournies par l'état civil (dans le cadre de l'enquête « 13 villes ») aux données fournies par les Ddass. La carte de la figure 23a a depuis été actualisée et la différence de mortalité sur la période du 1<sup>er</sup> au 20 août 2003 par rapport aux années précédentes est représentée dans la figure 23b.

Cette analyse de la surmortalité observée entre le 1<sup>er</sup> et le 15 août 2003 constituait une première mesure qui devait être consolidée et précisée en liaison avec la mission dirigée par MM. Denis Hémon et Eric Jouglu de l'Inserm, effectuée en collaboration avec l'InVS.

**Figure 23a.** Analyse de la surmortalité par département en France entre le 1<sup>er</sup> et le 15 août 2003 par rapport à la moyenne des décès des années 2000 à 2002 (données provisoires au 26/08/2003)



**Figure 23b.** Analyse de la surmortalité par département en France entre le 1<sup>er</sup> et le 20 août 2003 par rapport à la moyenne des décès des années 2000 à 2002 (données provisoires au 30 septembre 2003)



### 2.3.3. « Enquête Inserm »

Avec l'accord des auteurs, Denis Hémon et Eric Jougla, le résumé du rapport d'étape publié le 25/09/2003 est donné ci-dessous (1).

« La France métropolitaine a connu dans la première quinzaine d'août 2003 une vague de chaleur d'une intensité et d'une durée sans précédent depuis le début des enregistrements météorologiques au 19<sup>ème</sup> siècle. Cette vague de chaleur s'est accompagnée d'une vague de surmortalité à court terme d'une importance également exceptionnelle : pour la seule journée du 4 août, près de 300 décès ont été observés en excès par rapport aux années précédentes ; l'excès a augmenté régulièrement et massivement jusqu'à atteindre, pour la journée du 12 août plus de 2 000 décès. A partir du 19 août et au cours de la semaine qui a suivi, la mortalité quotidienne a retrouvé un niveau normal. Au total, le nombre cumulé des décès en excès par rapport aux années précédentes a été d'environ 400 le 4 août, 3 900 le 8 août, 10 600 le 12 août et 14 800 le 20 août, soit une augmentation de 60 % par rapport à la mortalité attendue.

Sur la base des informations disponibles à cette étape, il est encore difficile de savoir s'il y a eu une augmentation de la mortalité des sujets de moins de 45 ans, l'estimation étant plus incertaine sur ces effectifs faibles. La surmortalité observée à partir de 45 ans est importante, croissante avec l'âge : +20 % chez les sujets âgés de 45 à 54 ans, +40 % chez les sujets âgés de 55 à 74 ans, +70 % chez les sujets âgés de 75 à 94 ans et +120 % chez les sujets de 95 ans et plus. L'importante surmortalité observée du 1<sup>er</sup> au 20 août 2003 a concerné aussi bien les femmes que les hommes. Toutefois, la surmortalité observée chez les femmes (+70 %) est sensiblement plus élevée que celle qui a été observée chez les hommes (+40 %).

La surmortalité a été particulièrement importante dans les régions Centre (+103 %) et Ile-de-France (+134 %), notamment dans l'agglomération parisienne : +127 % à Paris, +147 % dans l'Essonne, +161 % dans les Hauts-de-Seine, +160 % en Seine-Saint-Denis et +171 % dans le Val-de-Marne.

L'analyse de la relation spatio-temporelle entre la surmortalité et le degré d'élévation de la température a permis de mettre en évidence une surmortalité du 1<sup>er</sup> au 20 août significative même dans les départements où le nombre de jours de canicule était faible. Cette surmortalité était plus élevée dans les populations des départements exposées à 2 à 5 jours de grande chaleur [de] ce type (+52 %) et plus élevée encore dans les populations des départements exposées à 6 jours ou plus de grande chaleur (+83 %). Les départements ont subi une surmortalité d'autant plus importante que le nombre de jours consécutifs avec des maximales supérieures à 35°C a été élevé. Ainsi, chez les sujets de 75 ans et plus, plus de 1 200 décès ont été observés après 9 jours d'affilée dépassant 35°C. La surmortalité a ensuite décliné progressivement après le retour des maximales au-dessous de 30°C.

Nous avons également montré que les différents facteurs associés à la surmortalité - âge, sexe, degré d'urbanisation, durée de la canicule - agissaient de façon synergique.

Les nombres de décès qui ont eu lieu à domicile et en maison de retraite ont été multipliés environ par 2 par rapport à leur valeur habituelle. Au total, 42 % des décès en excès sont survenus dans des hôpitaux, 35 % à domicile, 19 % dans des maisons de retraite et 3 % en clinique privée. L'interprétation de ces résultats doit être faite avec prudence dans la mesure où l'état de santé des sujets résidant ou transférés dans les différentes structures de soins varie et que ce facteur est déterminant pour expliquer le niveau de mortalité.

Les augmentations de mortalité les plus importantes sont observées pour des causes de décès directement attribuables à la chaleur : déshydratation, hyperthermie, canicule. Viennent ensuite les maladies de l'appareil génito-urinaire et les maladies de l'appareil respiratoire. La plupart des autres causes de décès sont concernées par la surmortalité mais avec des progressions nettement moins marquées pour les tumeurs, pour les suicides et pour les accidents de la circulation. La canicule a fortement modifié la répartition habituelle de la mortalité par causes. Dans les décès en excès de 2003, les causes liées directement à la canicule représentent 28,9 % du total des décès, proportion négligeable les années précédentes, alors que les tumeurs représentent 5,5 % des décès, contre 30,4 % dans la structure habituelle de la mortalité ».

## 2.4. Enquête 13 villes

L'objectif de cette étude était de décrire les tendances journalières de décès selon les variations météorologiques dans 13 grandes villes françaises (Bordeaux, Dijon, Grenoble, Le Mans, Lille, Lyon, Marseille, Nice, Paris, Poitiers, Rennes, Strasbourg et Toulouse).

Pour cela, deux enquêtes ont été mises en route en parallèle par le DSE et le DMCT :

- la première sur les décès enregistrés par l'état civil dans les mairies ;
- la seconde sur les décès hospitaliers.

### 2.4.1. Méthodes

#### Données recueillies

Les services de l'état civil et la direction générale des hôpitaux des 13 villes concernées ont été sollicités par courriel et fax.

Les services de l'état civil ont complété un tableau standardisé comportant le nombre journalier de décès par date de décès (et non par date d'enregistrement) en excluant les transcriptions<sup>12</sup> et les mort-nés.

Les hôpitaux concernés par l'enquête sur la mortalité hospitalière étaient l'Assistance publique des Hôpitaux de Paris (AP-HP) et de Marseille (AP-HM), les Hospices civils de Lyon (HCL), neuf centres hospitaliers universitaires (CHU de Bordeaux, Dijon, Grenoble, Lille, Nice, Poitiers, Rennes, Strasbourg et Toulouse) et le centre hospitalier (CH) du Mans. L' AP-HP, les HCL et le CHU de Grenoble recouvrent des hôpitaux situés dans la ville et son agglomération.

Les données météorologiques (températures minimales, maximales et moyennes journalières) ont été transmises par Météo France.

#### Période d'étude

Elle s'étendait :

- du 25 juin au 15 septembre des années 1999 à 2003 pour l'étude des décès déclarés par l'état civil ;
- du 25 juillet au 15 septembre des années 2002 et 2003 pour l'étude des décès hospitaliers.

#### Evaluation de la surmortalité : calcul du différentiel de mortalité

Dans les deux études, le différentiel de mortalité a été calculé en comparant la mortalité observée en 2003 par rapport à celle des années précédentes.

Pour l'étude des décès déclarés par l'état civil, le différentiel de mortalité a été calculé sur deux périodes :

- 1) entre le 1<sup>er</sup> août et le 20 août 2003 : la mortalité observée a été comparée à la mortalité moyenne des trois années précédentes (2000-2002) pendant la même période :

$$\frac{\text{Nombre de décès (2003)}_{1/08-20/08} - \text{Nombre moyen des décès (2000-2002)}_{1/08-20/08}}{\text{Nombre moyen des décès (2000-2002)}_{1/08-20/08}}$$

Les résultats étaient similaires si l'on considérait comme période de référence les quatre années précédentes (1999-2002).

Les résultats calculés en prenant comme référence les années 2000 à 2002 ont pu être comparés aux différentiels de mortalité calculés pour chaque région dans le cadre de l'« enquête Inserm » (1).

- 2) pendant une période dite « période épidémique », spécifique à chaque ville puisque la vague de chaleur a touché différemment (en amplitude et dans le temps) les différentes villes étudiées. La mortalité observée pendant la « période épidémique » a été comparée à la mortalité moyenne des trois années précédentes (2000-2002) pendant la même période :

$$\frac{\text{Nombre de décès (2003)}_{\text{période épidémique}} - \text{Nombre moyen de décès (2000 à 2002)}_{\text{période correspondante}}}{\text{Nombre moyen de décès (2000 à 2002)}_{\text{période correspondante}}}$$

Pour l'étude sur les décès hospitaliers, le différentiel de mortalité a été calculé selon la formule :

$$\frac{\text{Nombre de décès 2003} - \text{Nombre de décès en 2002}}{\text{Nombre de décès en 2002}}$$

<sup>12</sup> Il s'agit de l'enregistrement dans une commune X du décès d'une personne domiciliée dans la commune X mais décédée dans une autre commune.

pour différentes périodes :

- 25/07 au 15/09/2003 ;
- 1<sup>er</sup> au 15/08/2003 ;
- 16 au 31/08/2003 ;
- 1<sup>er</sup> au 15/09/2003.

A titre d'exemple, un excès de mortalité de 100 % signifie un doublement du chiffre de la mortalité en 2003 par rapport aux années précédentes.

## 2.4.2. Résultats descriptifs

### Données météorologiques

Dans les villes étudiées, la température moyenne a commencé à augmenter dès le premier août pour atteindre des valeurs maximales entre le 4 et 13 août et chuter rapidement ensuite en deux-trois jours, sauf pour Nice et Marseille où la température moyenne a baissé très progressivement jusqu'au 31 août.

Pour chaque ville on a observé une température moyenne constamment élevée entre le 1<sup>er</sup> et le 13 août. Par rapport aux normales saisonnières (période de référence : 1999-2002), l'écart pour 2003 varie de +4,0°C à Lille à +7,4°C à Dijon. Il est intéressant de noter qu'au plus fort de la vague de chaleur, les 11 et 12 août, la température moyenne était plus forte à Paris et à Lyon que dans les autres villes.

En août 2003, le nombre de jours où la température maximale a dépassé les 35°C variait entre 1 (Nice) et 15 jours (Toulouse) alors qu'il était en moyenne inférieur à 1 jour pour la période 1999-2002 dans toutes les villes (tableau 15). En août 2003, le nombre de jours où la température minimale a dépassé les 20°C a varié entre 2 (Grenoble) et 31 (Nice). Une température minimale supérieure à 20°C s'observe fréquemment à Marseille et Nice (le nombre moyen de jours sur la période 1999-2002 était respectivement de 11,75 et 20,5) et moins fréquemment à Toulouse (6,75 jours). En revanche, dans toutes les autres villes, la température minimale ne dépasse que rarement les 20°C.

**Tableau 15.** Caractéristiques météorologiques observées en août 2003 dans 13 grandes villes françaises : comparaison avec la période 1999-2002

Ville	Température max $\geq 30^{\circ}\text{C}$		Température max $\geq 35^{\circ}\text{C}$		Température min $\geq 20^{\circ}\text{C}$	
	2003 Nb de jours (période)	1999-2002 Nb de jours moyen	2003 Nb de jours (période)	1999-2002 Nb de jours moyen	2003 Nb de jours (période)	1999-2002 Nb de jours moyen
Bordeaux	20 (1-13, 18, 19, 22-25, 27)	7	12 (2-13)	1	13 (4-16)	2,5
Dijon	21 (1-13, 17, 19, 22-27)	6,25	11 (3-13)	0	9 (3-7, 10-12, 14)	0,25
Grenoble	23 (2-14, 16, 17, 19, 22-28)	7,5	12 (3-14)	0	2 (6, 9)	0
Le Mans	13 (2-13, 27)	4,25	10 (3-12)	0	10 (4-12, 14)	0,25
Lille	9 (4-7, 9-13)	2,75	3 (6, 10, 12)	0	3 (7, 11, 12)	0
Lyon	25 (1-14, 16-19, 22-28)	8,5	11 (3-13)	0,75	16 (3-15, 24, 25, 28)	2
Marseille	29 (1-29)	15,5	12 (4-11, 13, 14, 19, 26)	0,5	28 (2-29)	11,75
Nice	22 (1-14, 16-19, 24, 26, 30, 31)	3,25	1 (5)	0	31 (1-31)	20,5
Paris	13 (1-13)	4,75	9 (4-12)	0	11 (4-14)	0,75
Poitiers	17 (2-13, 22-24, 26, 27)	4	11 (3-13)	0,5	5 (6-8, 11, 14)	0,25
Rennes	11 (2-5, 7-12, 27)	2	6 (4-5, 8-11)	0,25	4 (5, 9, 10, 14)	0,25
Strasbourg	18 (2-14, 16, 17, 22, 24, 26)	4,25	10 (3-10, 12, 13)	0	4 (4-6, 14)	0,25
Toulouse	26 (1-14, 16, 18, 19, 21-29)	9,25	15 (2-13, 19, 23, 27)	0,75	15 (4-15, 20, 23, 24)	6,75

Au total, la vague de chaleur a touché les 13 villes à partir du 1<sup>er</sup> ou 2 août sauf à Lille où la température maximale a dépassé les 30°C le 4 août. Pour sept villes (Bordeaux, Dijon, Le Mans, Lyon, Marseille, Paris et Toulouse), la vague de chaleur a été caractérisée par des températures minimales et maximales très élevées (respectivement supérieures à 20 et 35°C), de façon simultanée et sur une longue période (9 à 16 jours). Dans une moindre mesure, le même phénomène a été observé à Rennes, Poitiers et Strasbourg où la température maximale très élevée entre le 1<sup>er</sup> et le 15 août a été associée à une température minimale élevée pendant 4 à 5 jours seulement. A Grenoble, la vague de chaleur est caractérisée par des températures maximales élevées mais des températures minimales inférieures à 20°C. A Nice, c'est le contraire qui est observé puisque une température minimale supérieure à 20°C a été observée pendant tout le mois d'août alors que la température maximale était comprise entre 30 et 35°C, en particulier pendant les 15 premiers jours d'août. Enfin, Lille a été touchée également par la vague de chaleur avec 9 jours où la température maximale a dépassé les 30°C mais celle-ci a peu souvent dépassé les 35°C et a été associée à des températures minimales inférieures à 20°C le plus souvent.

### Données de mortalité dans les 13 villes sur la période 1999-2003

Sur la période 1999-2002, au mois d'août, la moyenne journalière de décès variait entre 4 (Dijon) et 38,9 (Paris) (tableau 16). Elle dépassait 10 pour Bordeaux, Lille, Lyon, Marseille, Nice, Paris et Toulouse. Pour toutes les villes sauf Marseille et Paris, le nombre minimal de décès journalier était inférieur à 6. A Marseille, il était de 12 et à Paris de 20. Le nombre maximal de décès journalier variait de 11 (Dijon) à 55 (Paris).

La comparaison des données de mortalité journalière de 1999-2002 avec 2003 montre qu'il n'y a pas eu de pic épidémique à Lille, Rennes et Grenoble, la mortalité journalière maximale en août 2003 ne dépassant pas celle observée sur la même période entre 1999 et 2002 (tableau 16). Dans toutes les autres villes, la valeur maximale de la mortalité journalière observée en août 2003 a dépassé celle observée sur la période 1999-2002. Par rapport aux années précédentes, la valeur maximale de la mortalité journalière a doublé au Mans et à Lyon et a été jusqu'à près de cinq fois supérieure à Paris.

**Tableau 16.** Paramètres de la mortalité journalière en août des années 1999 à 2002 et en août 2003 dans 13 grandes villes françaises

Villes	1999-2002		2003	
	Moyenne	Etendue	Moyenne	Etendue
Bordeaux	12,0	5-23	13,8	6-30
Dijon	4,0	0-11	8,0	1-17
Grenoble	6,2	0-14	7,3	2-13
Le Mans	5,9	1-13	9,1	4-26
Lille	10,0	3-18	10,1	5-16
Lyon	13,0	6-25	19,4	9-55
Marseille	23,9	12-37	28,4	18-45
Nice	13,0	1-27	16,5	5-32
Paris	38,9	20-55	74,0	27-322
Poitiers	5,0	0-13	7,9	2-19
Rennes	6,3	1-13	7,4	3-12
Strasbourg	9,0	1-17	12,0	2-20
Toulouse	11,7 <sup>a</sup>	5-21 <sup>a</sup>	14,9	6-25

<sup>a</sup> Paramètres calculés sur la période 2000-2002

### 2.4.3. Enquête sur les décès enregistrés par l'état civil

Dans six villes (Paris, Lyon, Bordeaux, Dijon, Le Mans, Poitiers), on observe un pic de mortalité au cours de la première moitié du mois d'août. Le nombre de décès journaliers a augmenté à partir du 6, du 7 ou du 8 août selon la ville, atteint un pic entre le 9 et le 13 août, puis a décru rapidement pour atteindre à partir du 15 ou 16 août les valeurs observées avant l'épidémie de décès (figures 24 à 29).

C'est à Lyon et à Paris, les deux villes les plus importantes en terme de nombre d'habitants et où le nombre quotidien de décès (hors épidémie) est le plus élevé, que l'on peut le mieux étudier les courbes de mortalité et de température. Ainsi, à Paris (figure 24) et Lyon (figure 25), l'augmentation du nombre quotidien de décès est apparu après un délai de quatre ou cinq jours au cours desquels la température

maximale a dépassé les 35°C et la température minimale les 20°C, dont deux nuits à 25°C à Paris, les 11 et 12 août. Après le pic épidémique, le nombre quotidien de décès, a chuté de façon concomitante avec la décroissance des températures maximale et minimale.

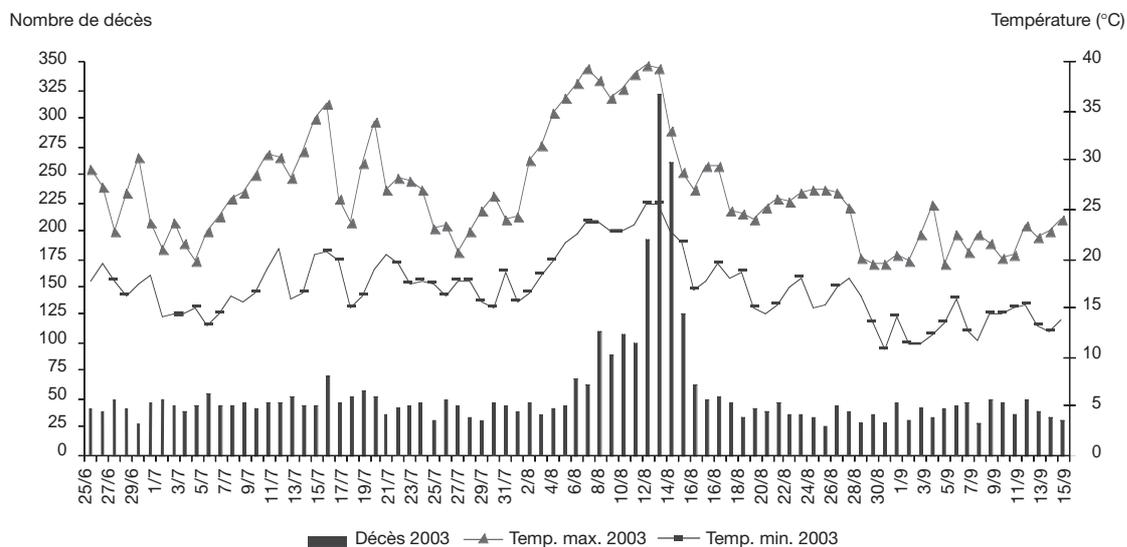
Toulouse fait partie des villes où les températures ont été très élevées sur une grande partie du mois d'août. Dans cette ville, le pic de mortalité est survenu le 19 août (25 cas) tout en sachant qu'entre le 8 et le 15 août, le nombre journalier de décès dépassait les 19 (figure 30).

Strasbourg et Rennes ont également connu des températures très élevées, avec des températures minimales très élevées entrecoupées de nuits plus « fraîches ». A Strasbourg, le pic de mortalité, survenu le 12/08 (20 cas) était moins marqué que dans d'autres villes fortement touchées par la vague de chaleur et à Rennes on n'a pas observé de pic de mortalité (figures 31 et 32).

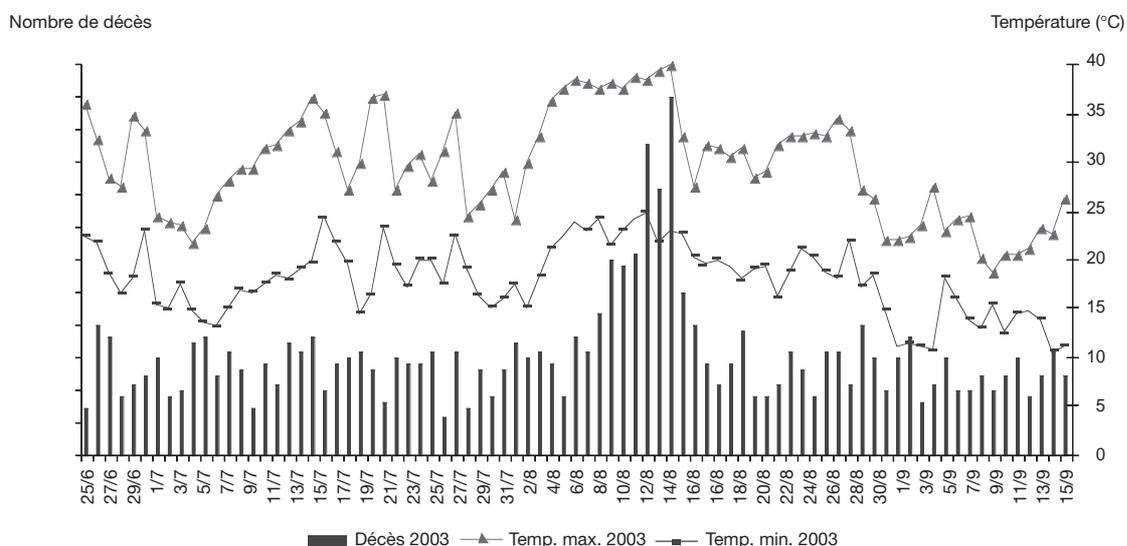
A Marseille et Nice, caractérisées par des températures élevées du 25 juin au 31 août 2003, il n'a pas non plus été observé de pic épidémique franc (figures 33 et 34).

Enfin, à Lille et Grenoble, aucun pic épidémique de mortalité n'a été relevé (figures 35 et 36).

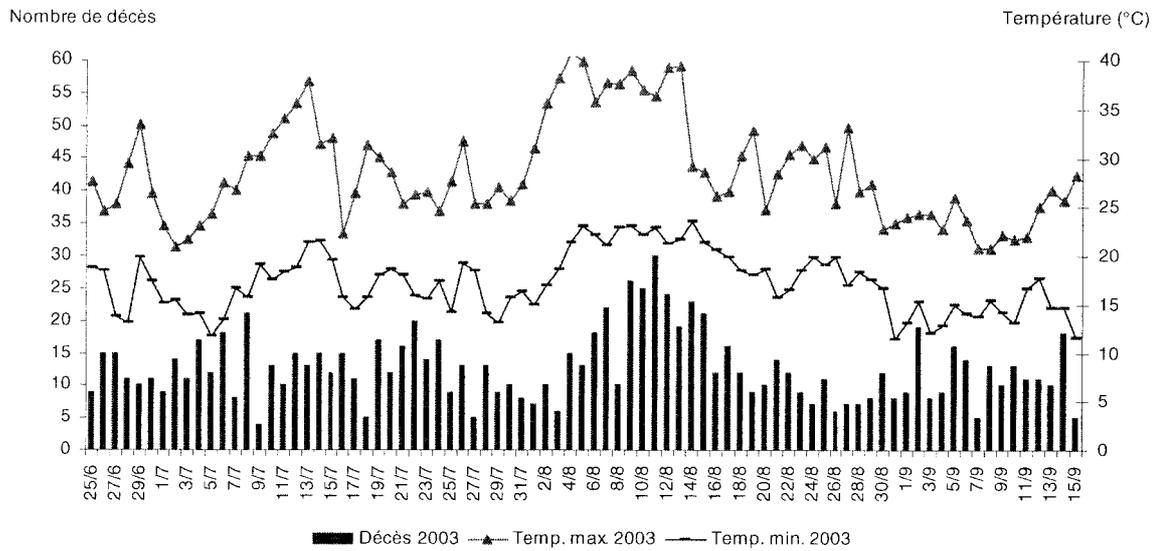
**Figure 24.** Nombre de décès journaliers à Paris et températures minimales et maximales entre le 25 juin et le 15 septembre 2003



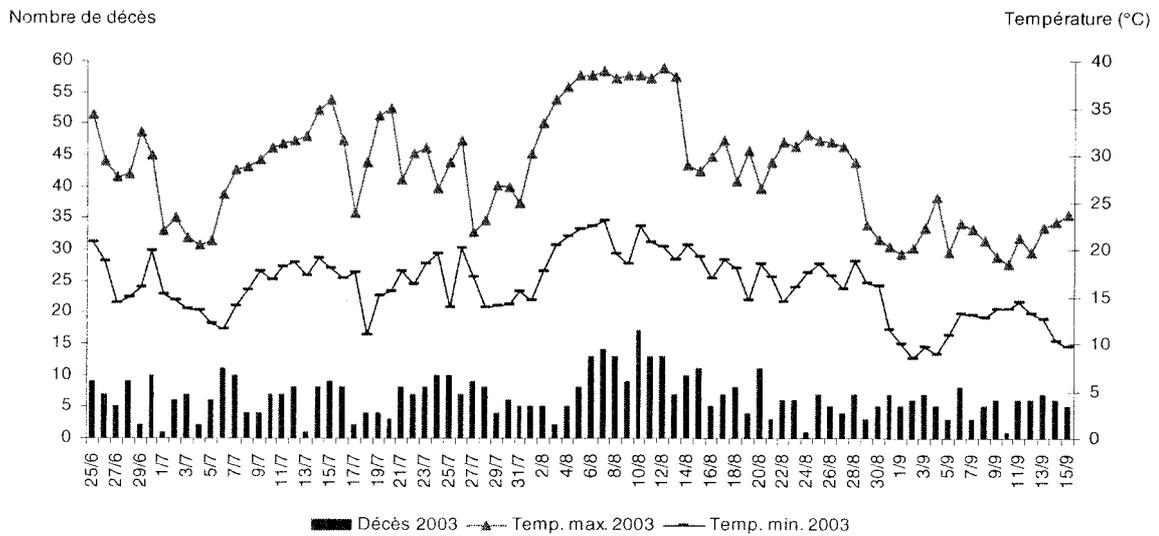
**Figure 25.** Nombre de décès journaliers à Lyon et températures minimales et maximales entre le 25 juin et le 15 septembre 2003



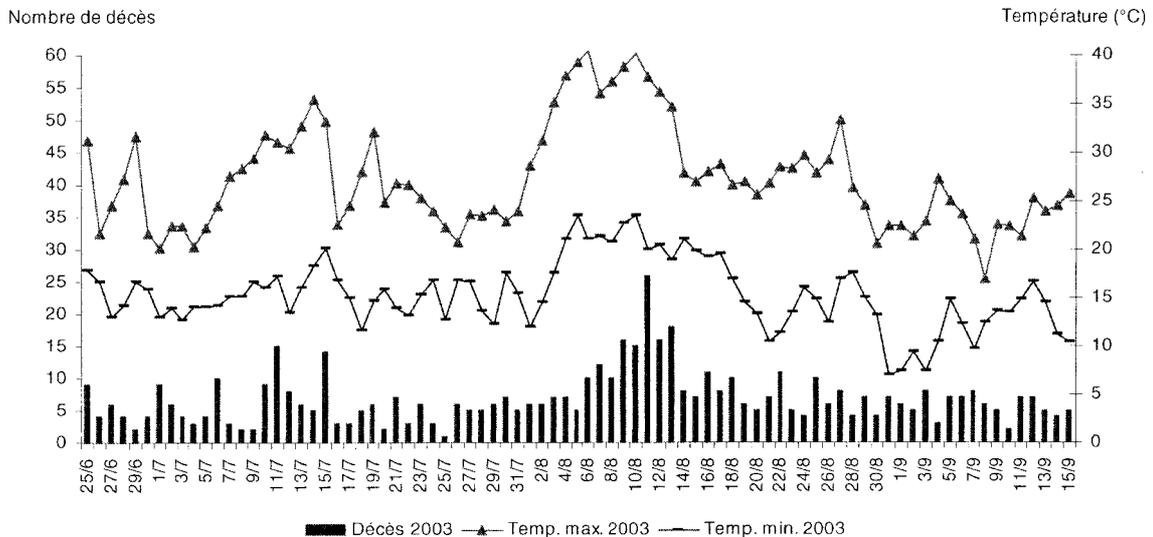
**Figure 26.** Nombre de décès journaliers à Bordeaux et températures minimales et maximales entre le 25 juin et le 15 septembre 2003



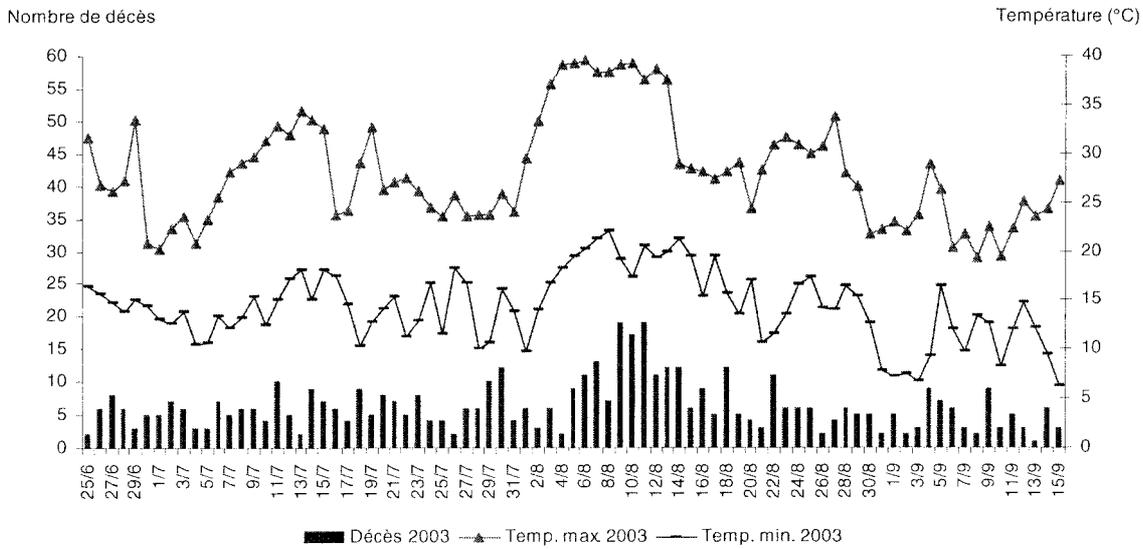
**Figure 27.** Nombre de décès journaliers à Dijon et températures minimales et maximales entre le 25 juin et le 15 septembre 2003



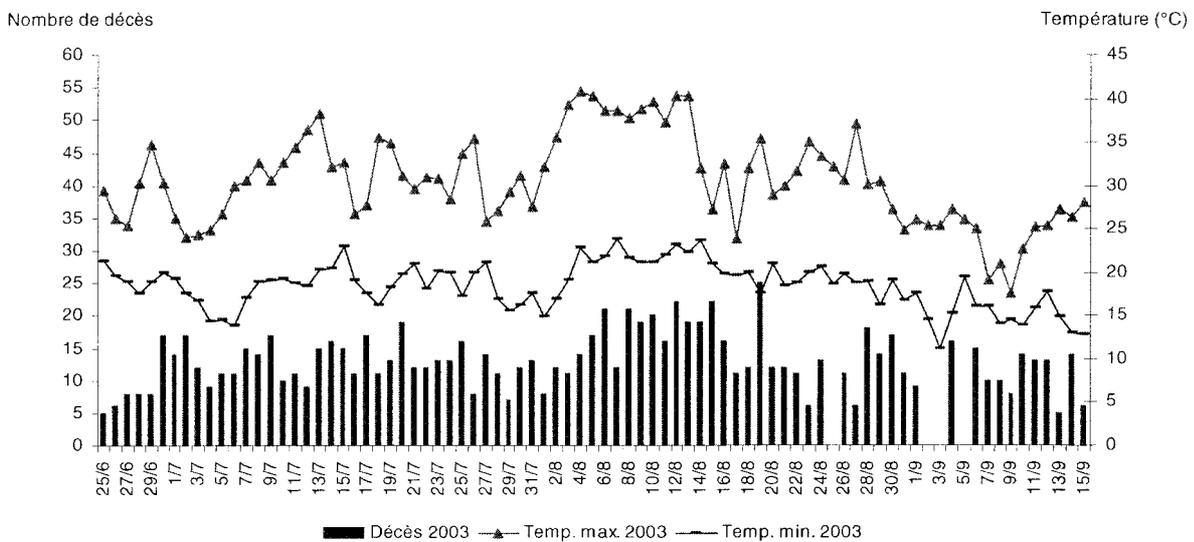
**Figure 28.** Nombre de décès journaliers au Mans et températures minimales et maximales entre le 25 juin et le 15 septembre 2003



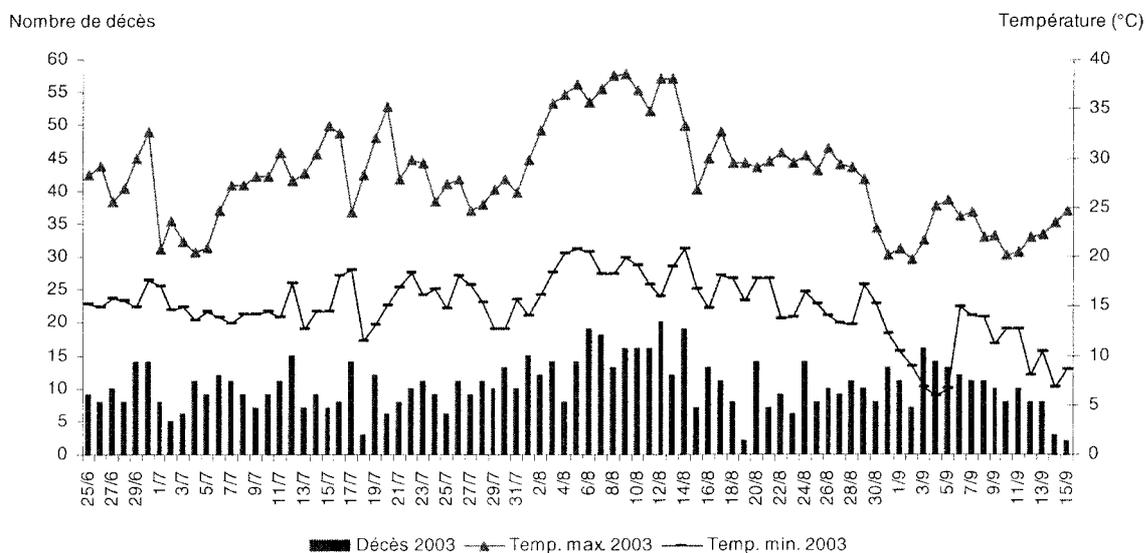
**Figure 29.** Nombre de décès journaliers à Poitiers et températures minimales et maximales entre le 25 juin et le 15 septembre 2003



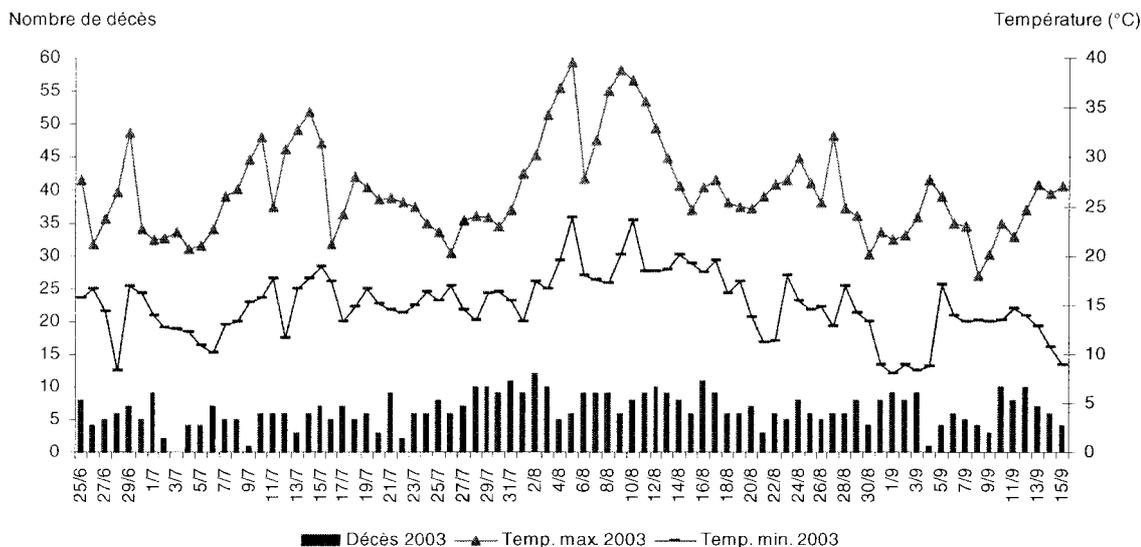
**Figure 30.** Nombre de décès journaliers à Toulouse et températures minimales et maximales entre le 25 juin et le 15 septembre 2003



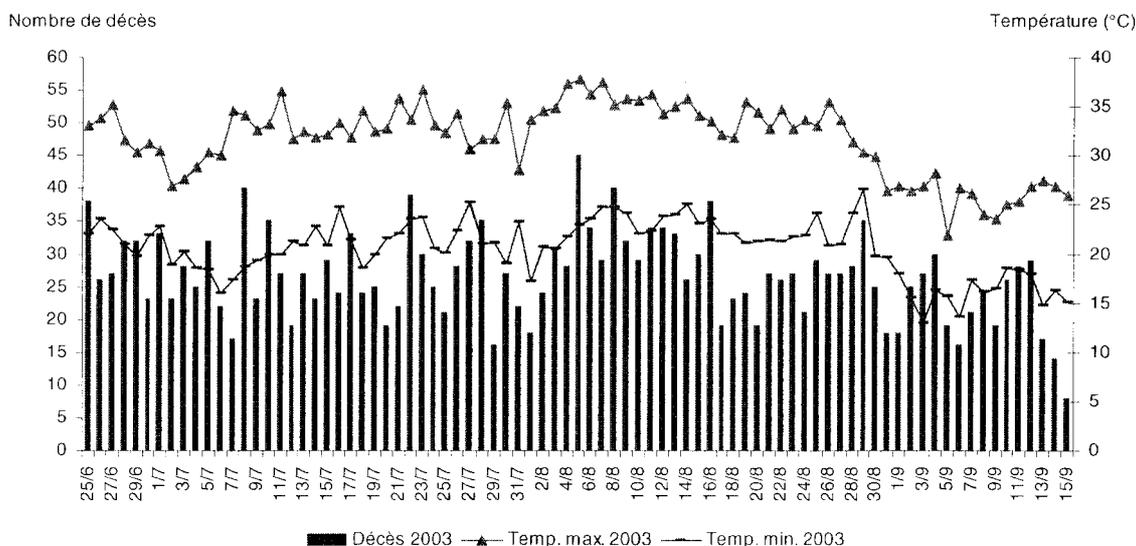
**Figure 31.** Nombre de décès journaliers à Strasbourg et températures minimales et maximales entre le 25 juin et le 15 septembre 2003



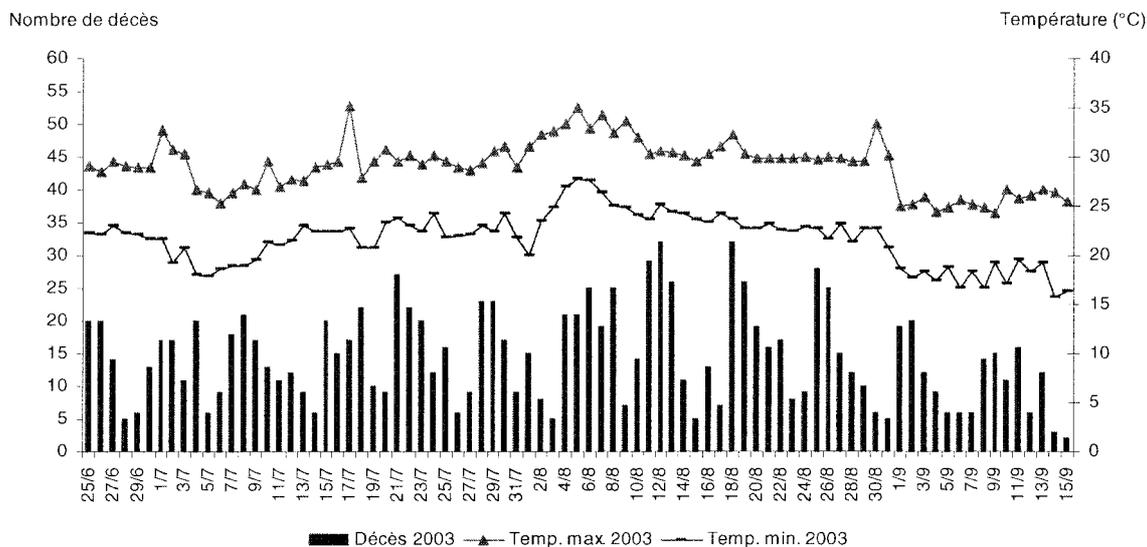
**Figure 32.** Nombre de décès journaliers à Rennes et températures minimales et maximales entre le 25 juin et le 15 septembre 2003



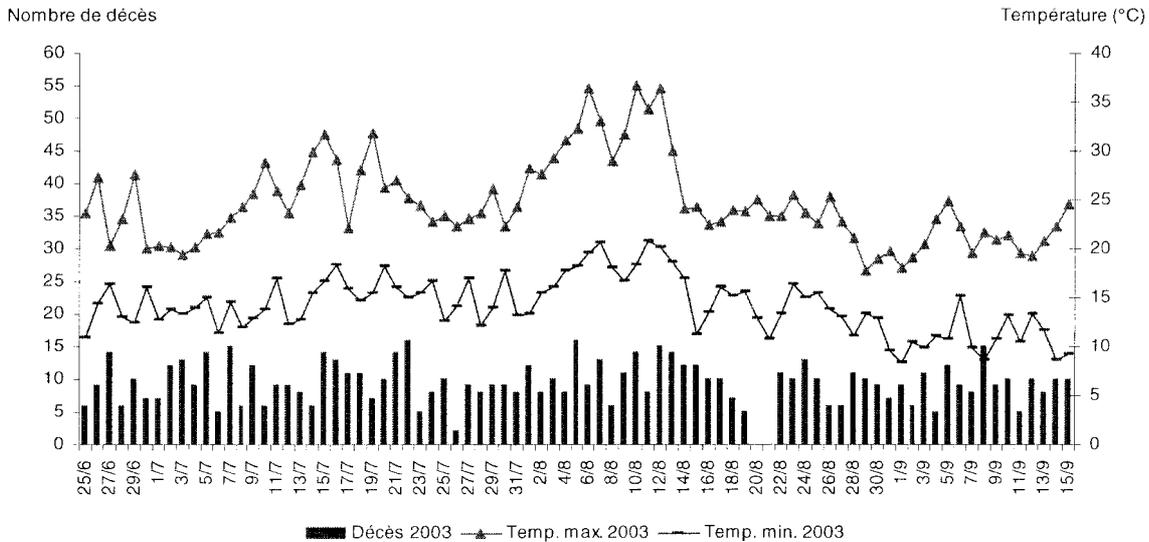
**Figure 33.** Nombre de décès journaliers à Marseille et températures minimales et maximales entre le 25 juin et le 15 septembre 2003



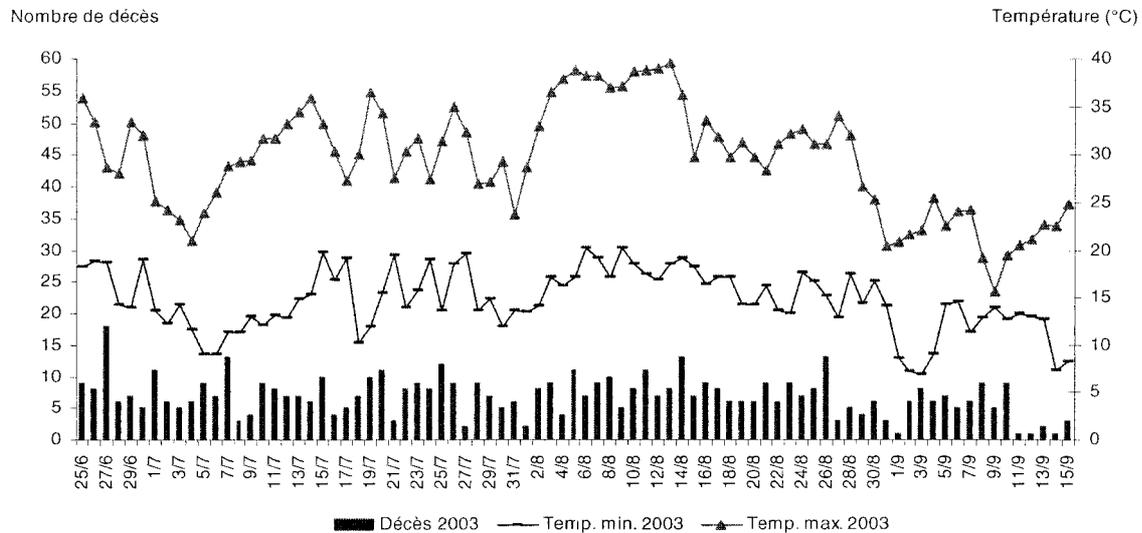
**Figure 34.** Nombre de décès journaliers à Nice et températures minimales et maximales entre le 25 juin et le 15 septembre 2003



**Figure 35.** Nombre de décès journaliers à Lille et températures minimales et maximales entre le 25 juin et le 15 septembre 2003



**Figure 36.** Nombre de décès journaliers à Grenoble et températures minimales et maximales entre le 25 juin et le 15 septembre 2003



### Estimation de la surmortalité en août 2003

#### ✓ Période du 1<sup>er</sup> au 20 août 2003

A Paris, Dijon, Le Mans, Poitiers et Lyon, on a observé une surmortalité importante avec des différentiels de mortalité compris entre 79 % (Poitiers) et 142 % (Paris) pendant la période du 1<sup>er</sup> au 20 août 2003 (tableau 17). A l'inverse, à Lille, la mortalité observée pendant la période caniculaire n'était guère plus importante que celle des trois années précédentes (+4 %). Pour les autres villes, les différentiels de mortalité étaient compris entre 25 % (Marseille) et 51 % (Strasbourg).

La surmortalité estimée dans 8 des 13 villes était plus importante que celle observée à l'échelle de leur région respective (Strasbourg, Bordeaux, Dijon, Rennes, Paris, Toulouse, Le Mans, Poitiers, Nice et Lyon) (tableau 17). En revanche, à Lille, Marseille et Grenoble, la surmortalité observée était moins importante que dans leur région respective.

#### ✓ Pendant la « période épidémique »

Une « période épidémique » a pu être définie pour les 10 villes où un pic épidémique a pu être observé. Cette période épidémique a été définie à partir de la distribution graphique du nombre de cas journaliers de décès observés en août 2003.

Le différentiel de mortalité variait entre 59 % (Marseille) et 204 % (Paris), valeurs supérieures à celles observées sur la période du 1<sup>er</sup> au 20 août, comme cela était attendu (tableau 18).

**Tableau 17.** Différentiel de mortalité (%) calculé sur la période du 1<sup>er</sup> au 20 août 2003 par rapport aux trois années précédentes dans 13 grandes villes françaises : comparaison avec la surmortalité régionale

Ville	« Enquête 13 villes »		« Enquête Inserm » <sup>a</sup>		Région
	n <sup>b</sup>	% <sup>c</sup>	n <sup>b</sup>	% <sup>c</sup>	
Bordeaux	328	43	2 191	40	Aquitaine
Dijon	180	93	1 477	69	Bourgogne
Grenoble	154	28	3 524	51	Rhône-Alpes
Le Mans	209	82	2 399	68	Pays-de-Loire
Lille	211	4	2 175	21	Nord-Pas-de-Calais
Lyon	456	80	3 524	51	Rhône-Alpes
Marseille	590	25	3 194	34	PACA <sup>d</sup>
Nice	360	53	3 194	34	PACA <sup>d</sup>
Paris	1 895	142	8 506	134	Ile-de-France
Poitiers	188	79	1 432	64	Poitou-Charente
Rennes	164	36	1 855	20	Bretagne
Strasbourg	267	51	1 023	37	Alsace
Toulouse	329	36	1 762	33	Midi-Pyrénées

<sup>a</sup> Source : Hémon, 2003 (1) ; <sup>b</sup> nombre de décès en 2003 ; <sup>c</sup> Différentiel de la mortalité ; <sup>d</sup> Provence-Alpes-Côte d'Azur

**Tableau 18.** Différentiel de mortalité calculé (%) sur la « période épidémique » par rapport aux trois années précédentes dans 10 grandes villes françaises

Ville	« Période épidémique »	n <sup>a</sup>	% <sup>b</sup>
Bordeaux	6-15 août	218	102
Dijon	6-15 août	120	161
Le Mans	7-14 août	121	152
Lyon	7-15 août	301	145
Marseille	4-14 août	364	59
Nice	4-13 août	219	82
Paris	3-16 août	1 635	204
Poitiers	5-15 août	136	132
Strasbourg	5-14 août	163	99
Toulouse	4-16 août	238	54

<sup>a</sup> Nombre de décès déclarés par l'état civil en 2003 ; <sup>b</sup> Différentiel de mortalité

## Conclusion

Les 13 villes étudiées ont été touchées par la vague de chaleur, i.e. définie par une température maximale supérieure à 30°C, au mois d'août 2003. Cependant, les caractéristiques de cette vague de chaleur ont différé selon les villes. En particulier, dans sept villes réparties sur toute la France (Bordeaux, Dijon, Le Mans, Lyon, Marseille, Paris et Toulouse), la vague de chaleur a été caractérisée par des températures minimales et maximales très élevées (respectivement supérieures à 20 et 35°C), de façon simultanée et sur une longue période (9 à 16 jours) alors que dans les autres villes, elle a été plus ou moins marquée.

Cette première analyse descriptive a montré de fortes disparités quant à l'impact sanitaire en terme de mortalité, quelles que soient l'intensité ou la durée de cette vague de chaleur. A Lille, aucun pic de mortalité et une faible surmortalité ont été constatés à partir des données de l'état civil entre le 1<sup>er</sup> et le 20 août 2003. Dans le groupe de villes où les températures ont été élevées pendant 9 à 16 jours, les excès de risque de mortalité variaient de 25 % (Marseille) à 142 % (Paris) entre le 1<sup>er</sup> et le 20 août 2003 par rapport aux années précédentes. D'autres facteurs que la température peuvent moduler l'impact sanitaire d'une vague de chaleur et seraient intéressants à rechercher. De plus, l'ensemble de l'été 2003 a été particulièrement chaud en 2003 à Marseille et Nice et il pourrait être intéressant de compléter ce travail par une analyse de la surmortalité sur plusieurs mois.

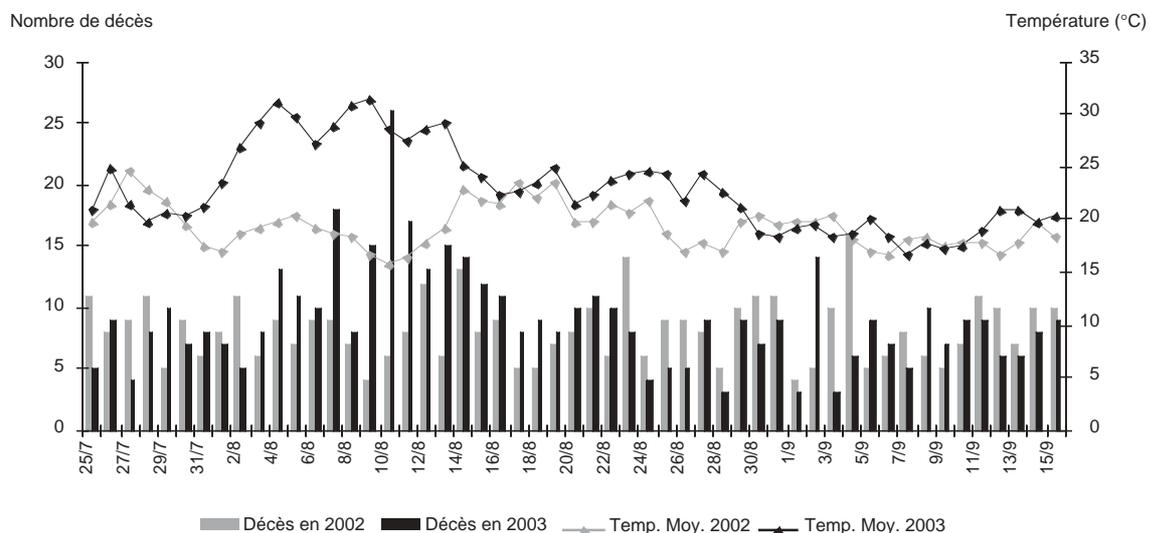
La comparaison de la surmortalité observée dans cette étude a montré globalement une mortalité plus importante dans la ville que dans sa région respective. Ce résultat n'est pas surprenant compte tenu du fait que les villes concentrent la chaleur (phénomène d'îlot de chaleur). Cependant ce phénomène n'a pas été observé pour trois villes : Lille, Marseille et Grenoble et mériterait des investigations complémentaires.

#### 2.4.4. Enquête sur la mortalité hospitalière

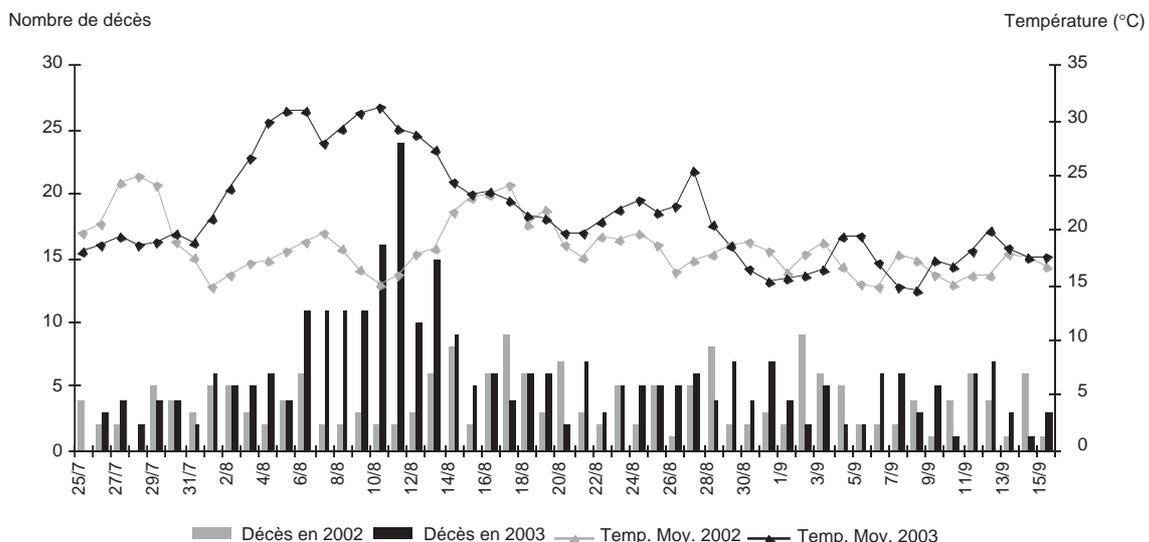
Les figures 37 à 49 montrent le nombre quotidien de décès hospitaliers ainsi que les températures moyennes journalières du 25 juillet au 15 septembre 2002 et 2003. Deux échelles différentes ont été utilisées concernant le nombre de décès, l'une pour l'AP-HP (0 à 250 décès par jour) et la seconde pour les autres hôpitaux (0 à 30 décès par jour).

L'augmentation de la mortalité hospitalière débute entre le 5 et le 7 août 2003 avec un pic situé entre le 10 et le 14 août pour les villes de Bordeaux, Dijon, Le Mans, Lyon, Paris et Poitiers (figures 37 à 42). Il apparaît donc un délai de 1 à 3 jours entre le début de la canicule et l'augmentation de la mortalité hospitalière qui diminue par contre parallèlement à la chute de la température.

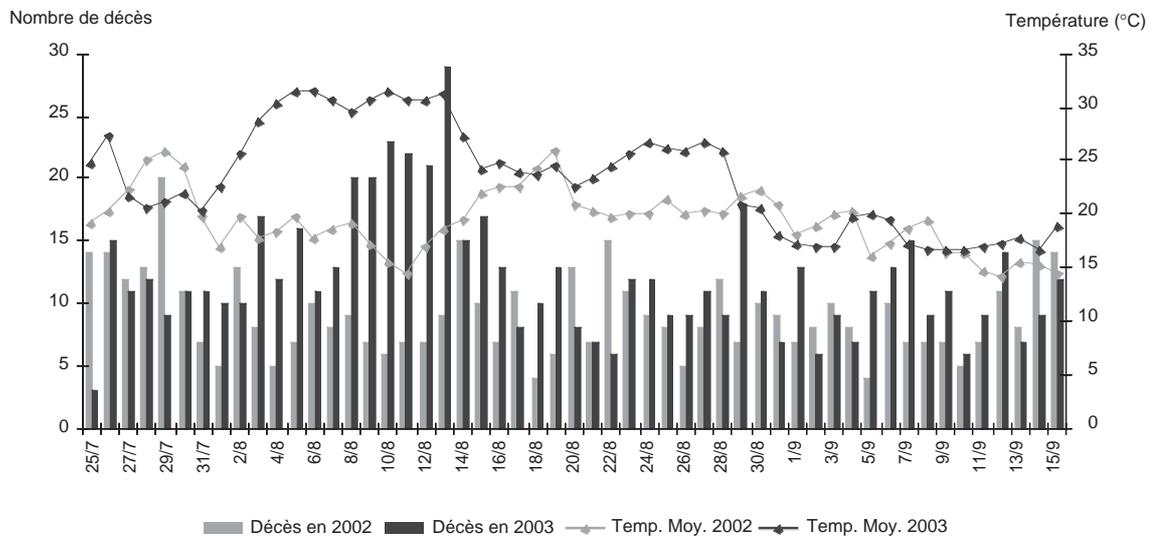
**Figure 37.** Nombre de décès journaliers au CHU de Bordeaux et températures moyennes entre le 25 juillet et le 15 septembre 2002 et 2003



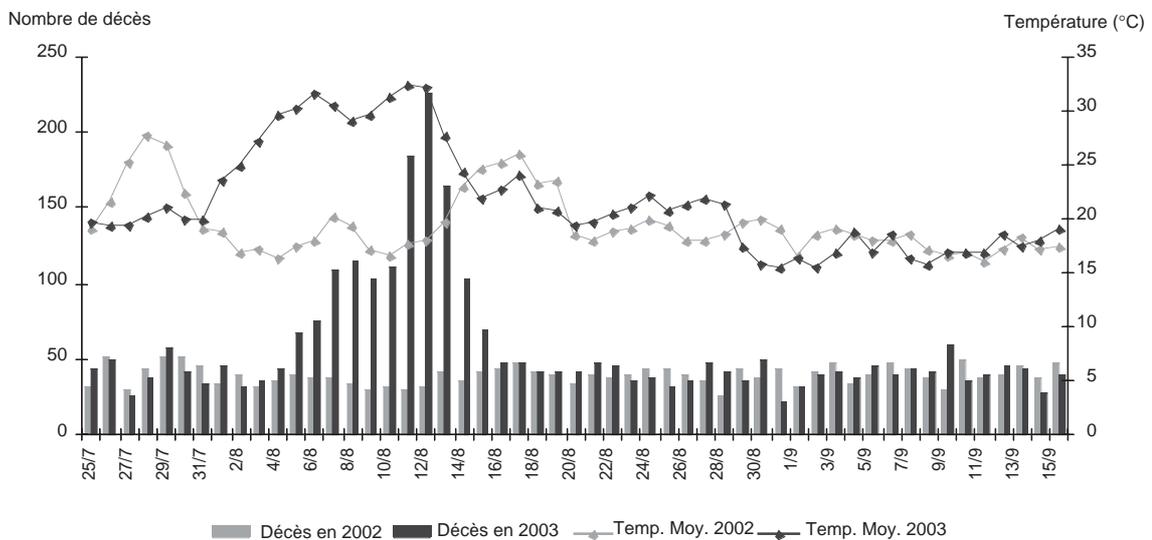
**Figure 38.** Nombre de décès journaliers au CH du Mans et températures moyennes entre le 25 juillet et le 15 septembre 2002 et 2003



**Figure 39.** Nombre de décès journaliers dans les Hospices civils de Lyon et températures moyennes entre le 25 juillet et le 15 septembre 2002 et 2003

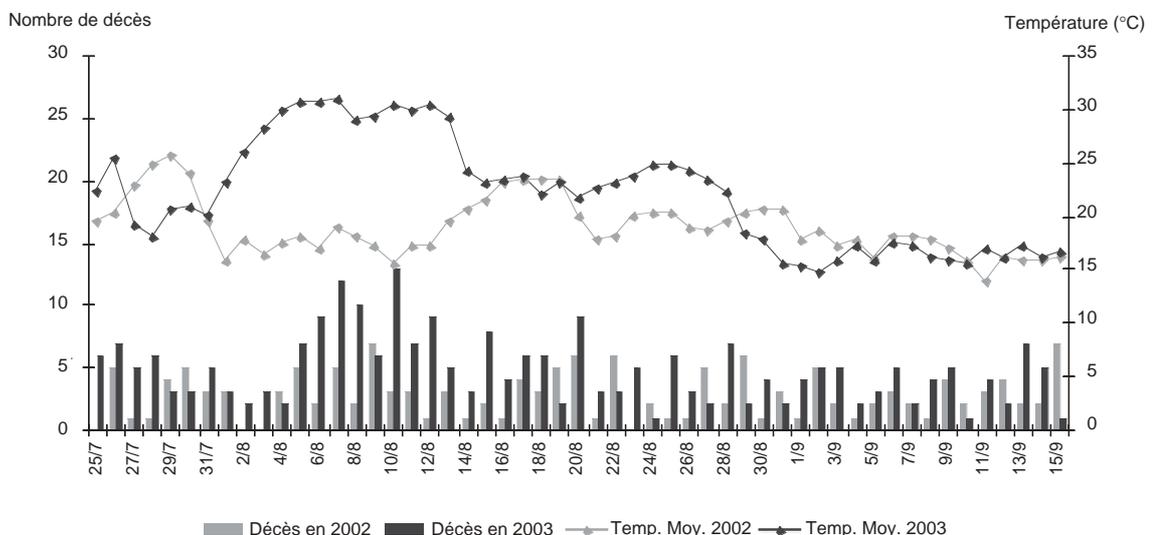


**Figure 40.** Nombre de décès journaliers à l'AP-HP (Paris) et températures moyennes entre le 25 juillet et le 15 septembre 2002 et 2003

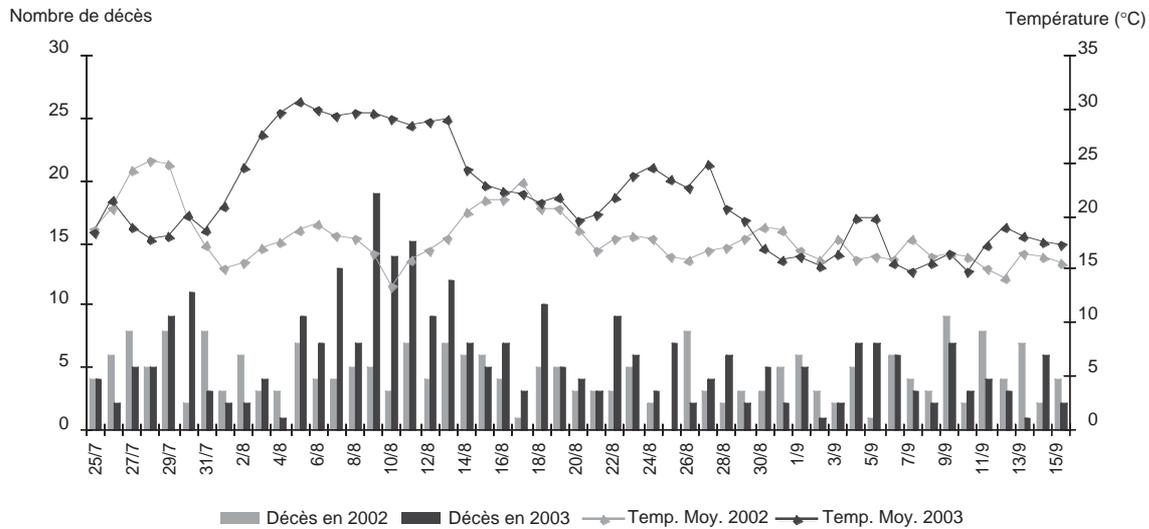


A Dijon comme à Poitiers, il persiste une surmortalité par rapport à l'année 2002 jusqu'au 20 août (figures 41 et 42).

**Figure 41.** Nombre de décès journaliers au CHU de Dijon et températures moyennes entre le 25 juillet et le 15 septembre 2002 et 2003

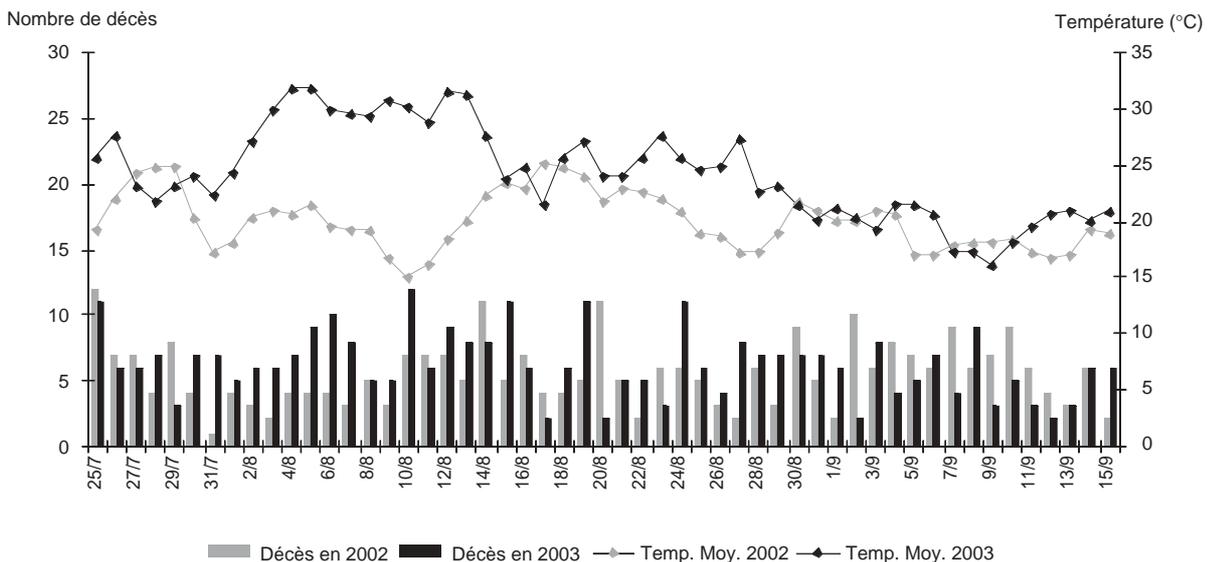


**Figure 42.** Nombre de décès journaliers au CHU de Poitiers et températures moyennes entre le 25 juillet et le 15 septembre 2002 et 2003

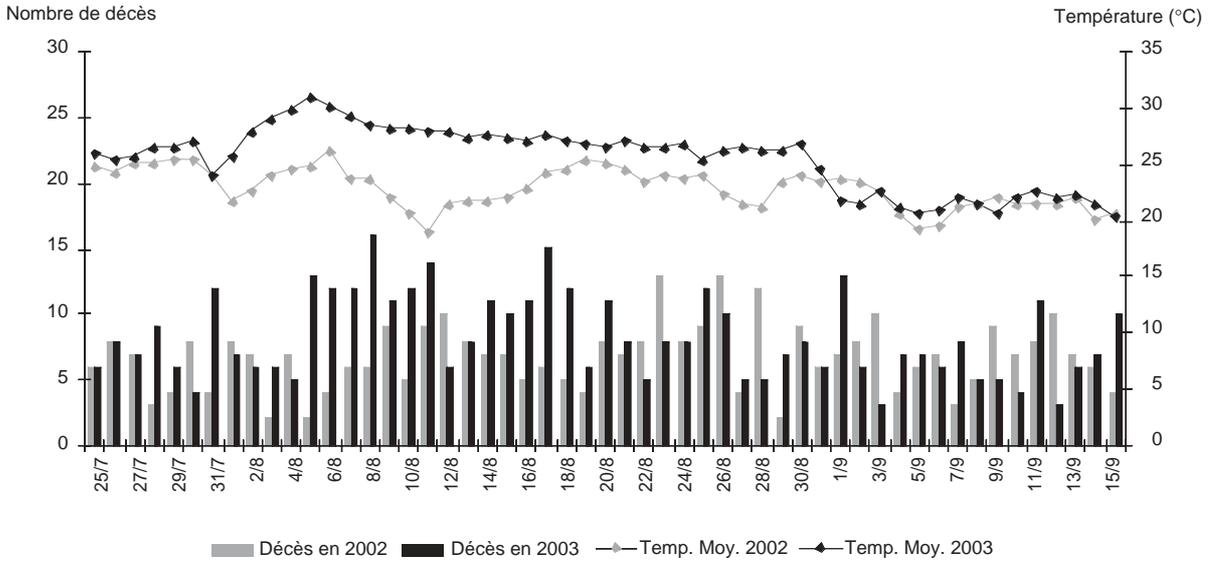


A Toulouse et Nice, une augmentation de la mortalité hospitalière est notée respectivement dès le 30 juillet et le 5 août avec un pic respectivement le 10 et le 8 août (figures 43 et 44). A Nice, tandis que la température moyenne baisse très progressivement, l'excès de mortalité hospitalière persiste jusqu'au 20 août avec deux autres pics de moindre ampleur les 11 et 17 août (figure 44). Sur la période d'excès de mortalité hospitalière, en dehors des pics observés, le nombre de décès journaliers aux CHU de Nice et Toulouse, bien qu'élevé, reste dans les limites de la variabilité habituelle en comparaison de l'année 2002 (figures 43 et 44). C'est la succession rapprochée d'un nombre journalier de décès élevé mais proche des valeurs normales qui fait la différence par rapport à l'année 2002 dans ces deux CHU.

**Figure 43.** Nombre de décès journaliers au CHU de Toulouse et températures moyennes entre le 25 juillet et le 15 septembre 2002 et 2003

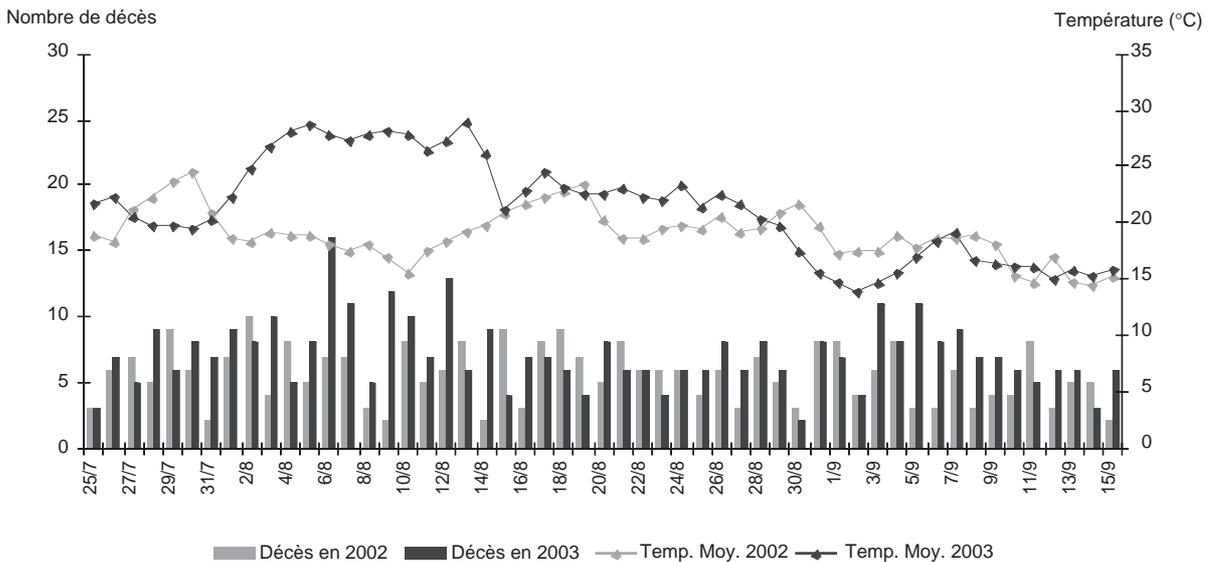


**Figure 44.** Nombre de décès journaliers au CHU de Nice et températures moyennes entre le 25 juillet et le 15 septembre 2002 et 2003



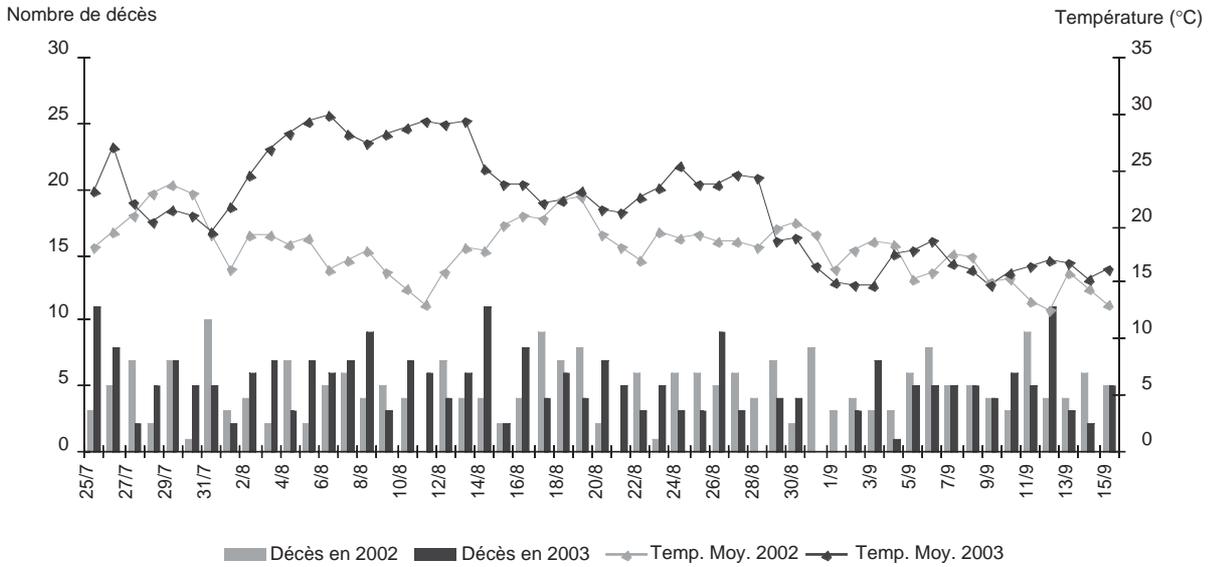
A Strasbourg, un excès de mortalité est retrouvé entre le 5 et le 12 août mais également entre le 3 et le 8 septembre en dehors de toute canicule (figure 45). Il peut être toutefois souligné que le pic observé le 6 août (16 décès) est supérieur en amplitude aux pics constatés hors de la période caniculaire (11 décès quotidiens).

**Figure 45.** Nombre de décès journaliers au CHU de Strasbourg et températures moyennes entre le 25 juillet et le 15 septembre 2002 et 2003

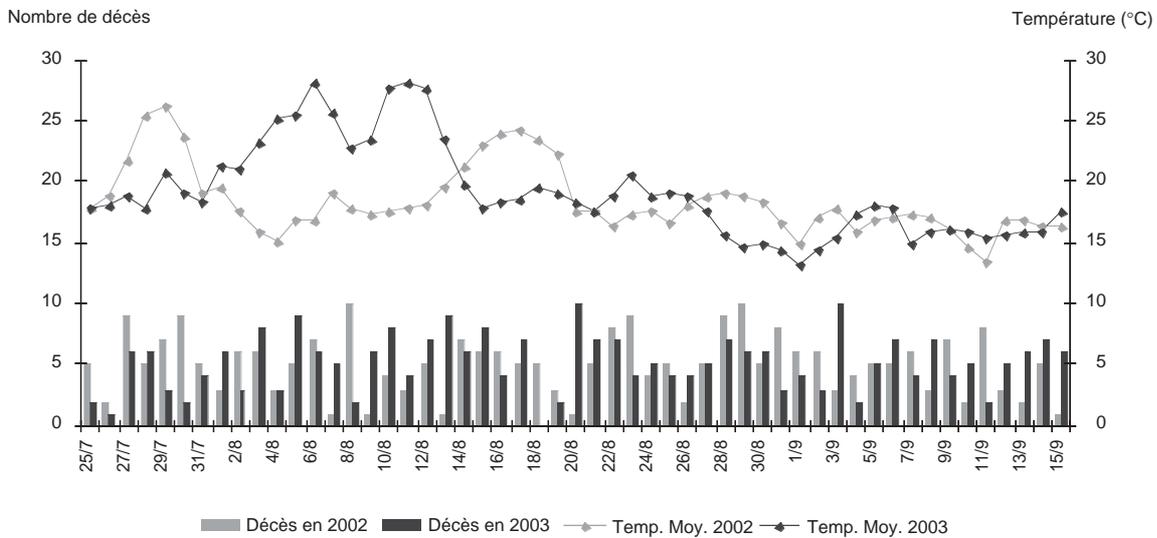


A Grenoble, Lille, Marseille et Rennes, il n'apparaît pas sur les graphiques d'augmentation de la mortalité en comparaison de l'année 2002 (figures 46 à 49). Des pics sont observés pendant la période de la vague de chaleur mais des pics d'amplitude égale ou supérieure sont retrouvés en dehors de cette période (Lille, Marseille, Grenoble) ou pendant cette période mais en 2002 (Lille, Rennes).

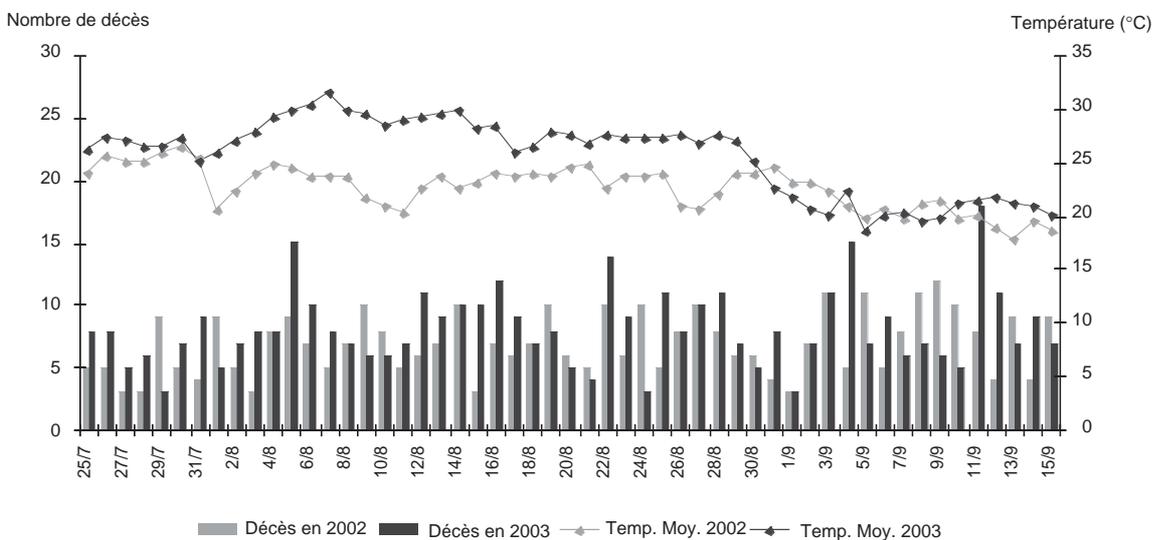
**Figure 46.** Nombre de décès journaliers au CHU de Grenoble et températures moyennes entre le 25 juillet et le 15 septembre 2002 et 2003



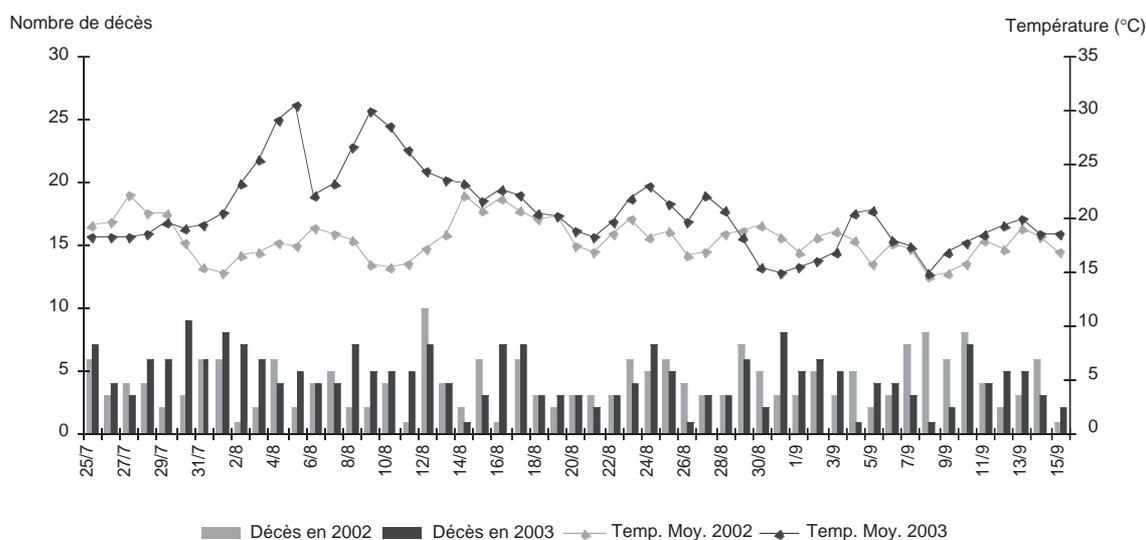
**Figure 47.** Nombre de décès journaliers au CHU de Lille et températures moyennes entre le 25 juillet et le 15 septembre 2002 et 2003



**Figure 48.** Nombre de décès journaliers à l'AP-HM de Marseille et températures moyennes entre le 25 juillet et le 15 septembre 2002 et 2003



**Figure 49.** Nombre de décès journaliers au CHU de Rennes et températures moyennes entre le 25 juillet et le 15 septembre 2002 et 2003



La description des cinq graphiques concernant les hôpitaux de Grenoble, Lille, Marseille, Rennes et Strasbourg sur une période de sept semaines (25 juillet-15 septembre) témoigne de la variabilité des données journalières, qui reposent sur de petits nombres, et de l'impact d'autres facteurs que la chaleur sur les chiffres de mortalité (figures 45 à 49).

Dans le tableau 19, le différentiel de mortalité en 2003 par rapport à l'année 2002 est indiqué pour la totalité de la période pendant laquelle les données sur la mortalité hospitalière ont été recueillies (du 25 juillet au 15 septembre), pour la période caniculaire (1<sup>er</sup> au 15 août), la période du 16 au 31 août et enfin celle du 1<sup>er</sup> au 15 septembre.

**Tableau 19.** Différentiel de mortalité hospitalière (%) en 2003 par rapport à l'année 2002

	25/07 au 15/09		01/08 au 15/08		16/08 au 31/08		01/09 au 15/09	
	%	(n <sup>a</sup> )						
Bordeaux	10	(480)	56	(192)	-5	(126)	-8	(111)
Dijon	73	(254)	148	(99)	38	(65)	34	(55)
Grenoble	7	(264)	46	(86)	-19	(68)	-3	(67)
Le Mans	54	(306)	171	(149)	19	(82)	2	(56)
Lille	2	(272)	32	(90)	-10	(81)	17	(77)
Lyon	32	(642)	103	(256)	15	(163)	18	(151)
Marseille	18	(432)	25	(127)	15	(99)	9	(131)
Nice	23	(439)	54	(149)	15	(125)	0	(101)
Paris	46	(3 035)	182	(1 487)	3	(649)	0	(610)
Poitiers	29	(302)	73	(126)	42	(78)	-11	(59)
Rennes	12	(240)	32	(75)	6	(67)	-14	(57)
Strasbourg	29	(380)	46	(133)	4	(98)	44	(104)
Toulouse	14	(332)	55	(115)	17	(97)	-20	(73)

<sup>a</sup> nombre de décès en 2003

Quatre centres hospitaliers (Dijon, Le Mans) ou regroupements d'hôpitaux (Lyon, Paris) se distinguent des autres par plus d'un doublement de l'augmentation de la mortalité hospitalière pendant la vague de chaleur 2003 (tableau 19). Dijon se démarque par la persistance d'une surmortalité après la canicule alors que l'excès de mortalité hospitalière disparaît dès la fin de la vague de chaleur à l'AP-HP. Cet excès reste plus marqué dans ces quatre villes, de 32 à 73 %, par rapport aux neuf autres villes, si l'on considère la totalité de la période étudiée (25 juillet-15 septembre).

Pour les autres CHU, la surmortalité hospitalière entre le 1<sup>er</sup> et 15 août évolue entre 25 et 73 % (tableau 19). Ainsi, même pour les centres pour lesquels il n'apparaissait pas d'excès sur les graphes comme Grenoble, Lille, Marseille ou Rennes, le calcul de la différence entre les années 2003 et 2002 montre un excès, même s'il n'est probablement pas toujours significatif. Si l'on considère l'ensemble de la période d'étude (25 juillet - 15 septembre), cet excès de la mortalité hospitalière, même faible, certainement non significatif pour des villes comme Lille ou Grenoble, persiste toutefois dans les 13 villes étudiées.

En conclusion, la mortalité hospitalière pendant la canicule a plus que doublé dans les centres hospitaliers de Dijon et du Mans, à l'Assistance-publique des Hôpitaux de Paris et aux Hospices civils de Lyon. Malgré l'hétérogénéité de l'impact de la vague de chaleur en France, un excès, même faible, est retrouvé dans les 13 villes étudiées que ce soit pendant la canicule ou sur la période allant du 25 juillet au 15 septembre.

#### **2.4.5. Conclusion des deux enquêtes**

L'analyse descriptive des courbes montre de fortes disparités en terme d'excès de mortalité entre les 13 villes étudiées. Les courbes épidémiques des décès enregistrés par l'état civil sont corroborées par celles de la mortalité hospitalière : mêmes villes touchées par un excès de mortalité, même mode évolutif (délai de quelques jours entre le début de la canicule et l'effet sur la mortalité, chute parallèle de la température et de la mortalité). Les grandes agglomérations telles que Paris et Lyon mais aussi les villes de Dijon et du Mans ont eu un pic très net de surmortalité avec plus d'un doublement de la mortalité. Ces quatre villes se distinguent également par l'importance de l'écart de température aux normales saisonnières pendant la canicule (+6,7°C à +7,4°C). D'autres villes ont été plus préservées, comme Lille, Grenoble, Marseille ou Rennes. Toutefois, il est retrouvé un excès de mortalité, même faible, dans les 13 villes pendant la canicule.

Il serait intéressant d'analyser la corrélation entre les décès et les données météorologiques sur une période plus longue, tout en prenant en compte d'autres facteurs comme la pollution, l'hygrométrie, la localisation côtière de la ville, l'importance de l'agglomération (nombre d'habitants).

### **2.5. Surveillance et évaluation des effets aigus retardés de la canicule 2003 à travers l'activité des unités de prise en charge des urgences**

#### **2.5.1. Contexte**

Un certain nombre de pathologies sont susceptibles de survenir au décours d'un épisode de vague de chaleur (6). Il s'agit essentiellement :

- des décompensations cardiovasculaires (syndromes coronaires aigus, accidents vasculaires cérébraux, phlébites, accidents thrombo-emboliques, insuffisances cardiaques) ;
- des pathologies respiratoires ;
- des pathologies génito-urinaires (pyélonéphrites, coliques néphrétiques) ;
- des pathologies métaboliques, en particulier des hyponatrémies (sodium sanguin inférieur à 130 millimoles/litre) secondaires à des réhydratations inadéquates ;
- des pathologies psychiatriques et décompensations d'état démentiel.

Par ailleurs, après un coup de chaleur, la mortalité peut diminuer (« harvesting effect », i.e. les décès observés lors du pic de chaleur sont interprétés comme une anticipation de décès chez des personnes très fragiles), ou augmenter (de nombreuses personnes fragiles décompensant lors du pic thermique des capacités physiologiques limites et mourant dans les jours ou semaines qui suivent). Une augmentation de la mortalité a été observée en 1983 à Marseille, jusqu'à six mois après le pic thermique (18).

#### **2.5.2. Objectifs**

Les objectifs de cette étude étaient :

- de décrire l'activité des services d'urgence dans les jours qui ont suivi la fin de la période caniculaire d'août 2003 : il s'agissait d'évaluer l'activité globale et par pathologies susceptibles de survenir au décours d'une canicule ;
- de détecter un surcroît récent d'activité, par rapport au mois d'août 2002.

A l'occasion de ce travail, des informations ont été recueillies pour évaluer la faisabilité de la mise en place d'un réseau sentinelle des services d'urgence français.

### 2.5.3. Méthodes

La période d'étude a démarré le 21 août, juste après la fin de la vague de chaleur, et a duré jusqu'au 1<sup>er</sup> septembre 2003. Plusieurs intervenants dans le domaine de l'urgence médicale ont été contactés et ont accepté de participer :

- les SAMU 59 (Dr Facon), 13 (Dr Dubouloz), 93 (Dr Lapostolle), 75 (Dr Janiere) et 78 (Dr Lambert) ;
- les services des urgences de trois hôpitaux de la région parisienne (Ambroise Paré (Dr Boulard), la Pitié salpêtrière (Dr Riou), Bicêtre (Dr Casalino)) et du CHU de Purpan à Toulouse (Dr Lauque) ;
- SOS médecins de Bordeaux (Dr Martinet).

Ces intervenants ont été sélectionnés sur la base du volontariat et en fonction de leur possibilité matérielle de produire des informations. Il ne s'agit en aucun cas d'un échantillon recruté selon un plan de sondage. Néanmoins, on note que ces unités sont dispersées sur l'ensemble du territoire français, dans des régions où l'exposition thermique et les conséquences immédiates de la vague de chaleur ont été différentes et nuancées.

Le recueil de données sur l'activité globale et par pathologies susceptibles de survenir au décours de la canicule a été effectué à l'aide d'un formulaire (annexe 4). Chaque unité devait colliger, à un rythme journalier, les informations concernant :

- son activité globale (nombre de patients pris en charge ou nombre de régulations ou de sorties primaires pour les SAMU) ;
- des pathologies spécifiques : pathologies cardiovasculaires, respiratoires, génito-urinaires, métaboliques, troubles psychiatriques, coup de chaleur.

L'objectif de cette étude était de rechercher une majoration récente du nombre de cas sur la période et non pas d'effectuer une comparaison objective avec une période de référence. De ce fait, les avis subjectifs des différentes équipes sur le niveau d'activité médicale en cette fin de mois d'août ont été demandés (par rapport à la même période de l'an 2002) et ont été, le plus souvent, relevés lors de conversations informelles. D'autres informations utiles concernant la faisabilité de la mise en place d'un réseau sentinelle des services d'urgence français ont également été relevées.

### 2.5.4. Résultats

#### Difficultés liées au recueil des données

##### ✓ *Taux de réponse global des correspondants et rapidité de transmission*

Le taux de réponse a été variable selon le type de structure. Pour SOS médecins et les SAMU, le recueil des données s'est effectué sur l'ensemble de la période d'étude. En revanche, pour les services d'urgence, deux centres sur quatre ont fourni des données pour seulement les deux premiers jours de la période d'étude, et aucune donnée pour les jours suivants, malgré des relances téléphoniques. Des difficultés d'organisation locale (manque de personnels et de temps, pas d'informatisation) ont été avancées comme motifs de non réponse.

##### ✓ *Supports des réponses*

La transmission des réponses s'est faite par mail pour deux centres et par fax pour les huit autres. Les réponses des SAMU ont pris la forme de formulaires générés localement à partir d'une base informatique. Dans un centre d'urgence, le codage des patients selon la classification internationale des maladies n°10 (CIM-10) était fourni. Huit fois sur 10 une étape de recodage de l'information s'est déroulée à l'InVS avant saisie.

##### ✓ *L'activité enregistrée*

Cette question se pose uniquement pour les SAMU (ou centre 15). Les informations médicales que les SAMU enregistrent sont de deux natures : appels téléphoniques – qui font l'objet d'une « régulation » – et sortie directe (primaire).

De plus, la nature des appels téléphoniques reçus par les SAMU doit être affinée. La régulation peut concerner soit une activité de « ville » probablement proche de SOS médecins ou d'un service de garde de médecine libérale, soit une activité de type SAMU. La régulation de ces deux types d'appel peut être parfois effectuée par la même équipe (SAMU 13) ou par des équipes distinctes. Le volume des appels peut donc être notablement différent selon le SAMU considéré.

Pour les SAMU, plusieurs informations sur leur activité nous ont été transmises (nombre d'appels téléphoniques, nombre de dossiers ouverts, nombre de sorties, nombre de décès, ...).

✓ *Diagnostics, informations manquantes*

Lors de sa mise en place, cette étude visait à suivre un certain nombre de pathologies bien identifiées possiblement en rapport avec les séquelles à court terme de la canicule. Les diagnostics identifiés représentaient entre 10 et 40 % de l'activité de chaque centre. La fiche d'enquête ne permettait cependant pas de connaître le pourcentage de diagnostics non renseignés. Dans un centre d'urgence, cette information a été spontanément fournie : le pourcentage de diagnostics non posés était d'environ 45 %.

✓ *Données de référence*

Les données concernant l'activité globale et par pathologie n'ont pas été demandées pour les années antérieures dans l'étude.

## **Evaluation de l'activité**

✓ *Activité globale*

De façon subjective, aucune des unités contactées n'a signalé d'excès d'activité par rapport aux années antérieures pour la même période. L'examen des données chiffrées d'activité montre de grandes variations quotidiennes. De plus, les ordres de grandeur des données prises en compte sont très différentes, avec un nombre de sorties primaires variant autour d'une trentaine de sorties par département (SAMU 75) et un nombre de dossiers ouverts de l'ordre de 200 (SAMU 59).

✓ *Activité par diagnostic*

Le nombre de cas colligés par jour ne dépassait jamais 30 pour les groupes de pathologies et 10 pour les diagnostics précis. On observe aussi des variations irrégulières de chacune de ces variables durant la période d'étude et au sein de chacun des centres. Pour les diagnostics de pathologie cardiovasculaire, de pathologie génito-urinaire dont les coliques néphrétiques, le nombre de cas variait de 0 à 10. Malgré le nombre important de diagnostics non renseignés, on peut raisonnablement estimer qu'il n'y a pas eu de tendance dans l'évolution à court terme du nombre de cas pour les différentes pathologies étudiées. Ceci est particulièrement vrai concernant des pathologies réputées spécifiques à des situations de post canicule, comme les coliques néphrétiques et les hyponatrémies par réhydratation inadaptée.

### **2.5.5. Discussion**

Cette étude a été mise en place dans le contexte de la crise sanitaire liée à la canicule. Elle avait pour objectif d'effectuer une première évaluation du nombre de pathologies secondaires aux états de déshydratation et aux chocs thermiques survenus au décours de la période caniculaire d'août 2003, qui auraient été susceptibles d'être en augmentation. Cette étude a recueilli des données d'activité de services d'urgence volontaires. Le choix des unités d'accueil d'urgences (SAMU, urgences hospitalières ou de ville) s'est fait dans cette dynamique et non à partir d'une réflexion spécifique sur la problématique des séquelles post canicule, ni d'ailleurs pour faire une évaluation systématique des possibilités d'utiliser le réseau des urgences comme source d'information sur l'état de santé de la population.

Sur les différents paramètres étudiés, aussi bien ceux d'activité globale que par diagnostic médical précis, cette étude ne met pas en évidence de poussée massive, mais des variations d'activité irrégulières, sans tendance observée. La méthodologie de cette étude est néanmoins en partie inappropriée pour évaluer les conséquences sanitaires post canicule. Tout d'abord la durée de la période d'observation est très courte (10 jours), aucun critère objectif ne permettait de comparer l'activité en 2003 par rapport à celle des années antérieures et l'échantillon des services d'urgence n'était pas représentatif. Par ailleurs, les données informelles fournies par les cliniciens participant laissent penser que les effets secondaires recherchés, par définition, surviennent chez des « survivants » qui ont été pris en charge d'emblée. De ce fait, la décompensation de ces syndromes a plus de chance d'être mise en évidence dans leur lieu de séjour hospitalier en aigu ou moyen séjour. Cette étude permet donc uniquement de conclure qu'à travers quelques unités de gestion d'urgences, il n'a pas été vu et identifié de nouvelles vagues de pathologies. Et même de ce simple point de vue, la prudence s'impose, dans la mesure où les données manquantes sur le diagnostic sont fréquentes, et qu'il n'est pas possible sur un si court laps de temps d'obtenir des données de référence qui seules permettraient de définir le dépassement d'un seuil d'activité habituelle.

Malgré la rapidité de sa mise en place, des enseignements peuvent être tirés de ce travail, avant tout concernant la possibilité d'organiser un système d'alerte sanitaire à partir du recueil de données des services d'accueil d'urgences.

Les enseignements de ce travail concernent d'abord un critère très simple qui est la facilité à obtenir les données. Les organisations qui gèrent des appels d'urgence avec des interventions ponctuelles ont été toutes capables de fournir quotidiennement des données d'activité simples. Pour les SAMU, la question est même de choisir, parmi les données transmises, les plus pertinentes, car de nombreux paramètres sont quotidiennement générés (nombre d'appels, nombre de sorties, diagnostic après appel, diagnostic après sortie, éventuellement par âge et sexe). A l'opposé, sur ce petit échantillon, *a priori* motivé, les urgences ont eu plus de mal à suivre un rythme de transmission quotidien, à la fois à cause de l'importance des autres tâches de ces unités et par manque de système informatique pour gérer les données. De plus, les diagnostics médicaux définitifs que l'on souhaitait obtenir ne sont pas, en majorité, posés dans les secteurs des urgences et donc la transmission de ces informations quotidiennement n'apparaît pas comme un objectif faisable.

On doit noter la difficulté à faire la synthèse des formats différents fournis par les correspondants. Sur une petite échelle, ceci nécessite par fiche un travail de recodage d'environ cinq à dix minutes par fiche. Un tel aspect, à une échelle plus large, pourrait poser des difficultés logistiques, qui imposeraient une transmission télématique des données, à partir d'un format unique de recueil de données.

Du point de vue de l'alerte sanitaire, ce travail souligne la nécessité de définir les critères d'activité des intervenants sanitaires « urgentistes » pertinents. Il souligne la nécessité pour les critères retenus d'améliorer la connaissance des seuils de variations également pertinents dans une perspective d'alerte. Une variation d'activité pour le nombre d'appels téléphoniques de régulation d'un ordre deux apparaît possible, sans pour autant que ceci soit interprété comme une poussée épidémique significative. A l'évidence de telles sources d'informations doivent être évaluées sur des périodes longues, pluriannuelles pour envisager d'être utilisées de façon opérationnelle.

### **2.5.6. Conclusion**

Une étude a été mise en place au décours de la canicule d'août 2003, auprès de dix unités d'urgences (cinq SAMU, quatre services d'urgences hospitaliers, un SOS médecin), tous volontaires, pour évaluer l'évolution à court terme de la fréquence de plusieurs pathologies supposées secondaires aux effets sur la santé de la canicule. De ce point de vue, les données transmises ne sont pas en faveur d'une progression tendancielle continue sur la période, mais des variations quotidiennes sont observées.

Malgré tout, il est tout à fait possible que cette étude, par le choix des urgences comme lieu d'observation, ait pu passer à côté d'une augmentation des pathologies secondaires à la canicule. Pour poursuivre ce travail, une évaluation des patients hospitalisés lors de la canicule, et présentant un tableau en rapport avec un coup de chaleur ou une déshydratation, pourrait être utile.

Cette étude a permis de tester le fonctionnement sur une courte période d'un système d'alerte sanitaire reposant sur les unités d'urgences soit préhospitalières, soit hospitalières. Les organisations pré-hospitalières ont été plutôt plus réactives, et peuvent assez facilement fournir des données d'activité. Les urgences hospitalières apparaissent avoir plus de difficultés à fournir des données quotidiennement, y compris des données d'activité. Les données de diagnostic posent des problèmes particuliers pour leur recueil et dans les faits sont peu renseignées.

## Chapitre 4

# Bilan de l'impact de la vague de chaleur dans les autres pays européens

Un bilan de l'impact sanitaire et des modalités de gestion de la vague de chaleur dans les pays limitrophes a été mis à jour de façon régulière.

Divers contacts ont été pris au mardi 16 septembre 2003 avec la Délégation aux affaires européennes et internationales du ministère français de la santé, les experts partenaires internationaux de l'InVS, les experts des programmes communautaires (APHEIS<sup>13</sup>, PHEWE<sup>14</sup>, ECOHEIS<sup>15</sup>) qui concernent l'ensemble des pays de l'union européenne et de l'Europe de l'Est.

Les questions suivantes ont été posées :

- 1) L'impact sanitaire de la vague de chaleur a-t-il été évalué ?
- 2) Si oui, quels seraient les délais avant les premiers résultats ?
- 3) Existe-t-il un système spécifique ou facilitant la détection de l'impact des vagues de chaleur ?

Les experts des pays suivants ont répondu : Allemagne, Belgique, Espagne, Grèce, Hongrie, Italie, Pays-Bas, Portugal, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovaquie. L'accent a été mis, par le biais de relances, sur les pays limitrophes concernés par la même vague de chaleur mais à un degré différent selon les pays (Italie, Espagne, Belgique, Royaume-Uni, Allemagne) et le Portugal touché fortement par cette vague de chaleur.

Les données météorologiques concernant la température perçue<sup>16</sup> pour toutes les régions d'Europe ont été fournies par le Deutscher Wetterdienst (DWD) (Allemagne) pour la période du 1<sup>er</sup> au 22 août 2003.

### Royaume-Uni

Contacts : Health Protection Agency, Office for National Statistics (ONS).

Une vague de chaleur a sévi entre le 4/08 et le 13/08/2003, particulièrement dans le Sud de l'Angleterre, même si la chaleur perçue a été moins importante qu'en France. A partir du 3 août 2003 et pour une période de dix jours consécutifs, les températures enregistrées dans nombre de stations météorologiques étaient supérieures à 30°C.

L'analyse de l'impact sur la mortalité de la vague de chaleur, réalisée par l'ONS en Angleterre et au Pays de Galles, a été rendue publique le 3/10/2003 (58). Le nombre de décès en excès pendant la période caniculaire (du 4/08 au 13/08/2003) a été estimé à 2 045, soit un excès de mortalité de 15,6 % par rapport à la moyenne des décès survenus sur la même période durant les cinq dernières années. Le pic de mortalité est survenu le 11/08/2003, 24 h après le pic de température, avec 1 691 décès, soit 363 décès en excès par rapport aux années précédentes, correspondant à un excès de mortalité de 27,3 %. Les régions Est et Sud-Est de l'Angleterre ont été particulièrement touchées : le nombre de décès en excès estimés pendant la période caniculaire était de 1 314, soit 64 % de l'excès estimé au niveau national. Ceci correspond à un excès de mortalité de 27,8 % par rapport à la moyenne des cinq années précédentes. En 1995, une vague de chaleur avait montré une augmentation de la mortalité de 9,8 % sur l'ensemble de l'Angleterre et le Pays de Galles et de 16,1 % sur le grand Londres (21).

<sup>13</sup> Air Pollution and Health: a European Information System

<sup>14</sup> Assessment and Prevention of acute Health Effects of Weather conditions in Europe

<sup>15</sup> European Countries Environmental Health Indicators System

<sup>16</sup> La température perçue PT est calculée à partir d'un modèle complexe (Klima-Michel model) décrivant les échanges thermiques entre le corps humain et son environnement. Il s'agit de la température de l'air d'un environnement de référence dans lequel la sensation de confort thermique (chaud ou froid) serait la même que dans l'environnement réel. La perception de la chaleur ou du froid est calculée à partir de l'équation de confort de Fanger (1972) corrigée, afin de prendre en compte des transferts de chaleur réalistes. Le modèle climatique est calé sur un homme « fictif » de 35 ans, marchant à 4km/h sur un sol plat, habillé pour l'été ou pour l'hiver (77).

Cependant, la surmortalité observée pendant la vague de chaleur reste inférieure à la mortalité observée durant les mois d'hiver. A titre de comparaison, le pic de mortalité observé le 11/08 (1 691 décès) est à comparer à la moyenne journalière de décès des mois de décembre (1 725) et janvier (1 872) sur les années 1998-2002.

Il est intéressant de noter que l'ONS produit régulièrement à une semaine de décalage, une première estimation du nombre de décès hebdomadaires pour l'Angleterre et le Pays de Galles disponible sur le site WEB (<http://www.statistics.gov.uk>). Le suivi hebdomadaire de ces estimations avait permis de constater très rapidement un impact de la vague de chaleur lors de la semaine 33 de 2003 même si cette première estimation sous-estimait l'importance de l'impact (excès de mortalité de l'ordre de 10 % par rapport à la semaine 33 des cinq années précédentes). Enfin, le Meteorological Office and Department of Health's fournit des prévisions météorologiques associées à une évaluation de leur impact sur la santé à destination des professionnels de santé (personnels des hôpitaux, « services communautaires » et de santé publique). Ce projet, appelé Forecasting the Nation's Health (<http://www.metoffice.com/health/nationhealth.html>), a pour objectif d'aider les services de santé à anticiper d'éventuelles surcharges d'activité. Les hôpitaux ont ainsi pu être prévenus de la vague de chaleur (<http://www.statistics.gov.uk/StatBase/ssdataset.asp?vlnk=6157&More=Y>).

## Allemagne

Contacts : Deutscher Wetterdienst (DWD), Robert Koch Institute.

Une vague de chaleur a touché les Lander de l'Ouest et du Sud de l'Allemagne (Bade-Würtemberg, Nordrhein-Westfalen, Hessen) du 3 au 14 août 2003 avec des températures perçues très souvent supérieures à 32°C dépassant en divers points de façon non continue 38°C. Cette vague de chaleur a cependant été moins intense dans ces Länder que celle enregistrée dans le Centre de la France.

Il n'y a pas encore de bilan officiel de l'impact de la vague de chaleur en Allemagne et aucun organisme n'est officiellement chargé d'évaluer l'impact de la vague de chaleur. On a constaté plusieurs foyers de décès liés à la chaleur (décès et hospitalisations avec température corporelle supérieure à 40°C) dans le Bade-Wurtemberg et la Hesse. Mais il ne semble pas que le système hospitalier ait été débordé, et il n'y a pas eu de mise en place de protocole de gestion particulier au niveau d'un Lander. Les informations apportées par les deux principales fédérations des pompes funèbres en Allemagne sont contradictoires. Une a donné mi-septembre une estimation de 3 500 à 7 000 morts en excès pour le mois d'août, une autre n'aurait pas vu de variation significative dans le nombre de décès enregistrés au mois d'août (selon des experts du DWD).

Le Deutscher Wetterdienst travaille sur les effets du climat et sur la mise en place d'un système d'alerte des vagues de chaleur dangereuses (Heat Health Warning Systems, Freiburg 05-07 May 2003). Ils ont fourni une estimation de la température ressentie selon les différentes régions d'Europe du 1<sup>er</sup> au 22 août 2003 (Deutscher Wetterdienst 2003).

## Belgique

Contact : Institut scientifique de santé publique.

La vague de chaleur a été importante et prolongée en Belgique, bien que moins sévère qu'en France. Elle a été accompagnée d'une pollution à l'ozone élevée et prolongée à Bruxelles. Aucune estimation de l'impact sanitaire n'a été réalisée en urgence et il n'a pas été fait mention de services d'urgence débordés pendant la vague de chaleur. Une étude sur l'impact d'une vague de chaleur survenue en 1994 (minimum : 15,3°C, maximum : 27,5°C, pendant 42 jours) a montré une augmentation d'environ 13 % du taux de décès chez les plus de 65 ans et une synergie entre l'effet de l'ozone et de la chaleur (20).

L'Institut va disposer d'ici deux à trois mois des remontées quasi exhaustives du nombre de décès (par sexe, âge, lieu de résidence, lieu du décès et nationalité) et prévoit une analyse en comparaison des données séculaires, météorologiques, de pollution et selon le lieu et l'âge. Les résultats ne seront pas disponibles avant cinq mois.

## Italie

Contact : Istituto Superiore della Sanita, Agenzia di Sanita Publica Lazzio, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte.

L'Italie a été touchée par une vague de chaleur importante sur l'ensemble de l'été 2003. Si celle-ci a sévi essentiellement en juin et juillet dans le Sud, elle s'est manifestée dans le Nord au mois d'août où des records historiques de température ont été observés. Cette phase a continué jusqu'au 22 août 2003 (sur la base des données de température perçue fournies par le DWD). A Rome, le bilan météorologique de la période entre le 1<sup>er</sup> juin et le 15 août 2003 a montré une température moyenne journalière de 3°C plus importante aux normales attendues pour la saison, avec deux vagues de chaleur majeures : une entre le

9 juin et le 2 juillet 2003 et une dans la dernière décade de juillet avec deux pointes le 24 et le 27 juillet. Enfin, d'après la carte fournie par le DWD, la température perçue était aussi très importante à Rome entre le 11 et le 16 août 2003.

Les chiffres annoncés par le ministère de la Santé (59) corroborent les informations apportées par la presse au mois d'août faisant état d'augmentations importantes des décès dans les villes du Nord et moins importantes ou non détectables dans le Sud. Il estime ainsi à 4 175 le nombre de morts en excès en Italie chez les plus de 65 ans pour la période du 15 juillet au 15 août 2003 comparé au nombre de morts pour la même tranche d'âge et la même période de l'année précédente. Les villes du Nord, où des records absolus de température ont été enregistrés, ont été les plus touchées. A Turin, la proportion de décès en excès chez les plus de 75 ans a été de 108 %, à Gène elle a été de 89 %, contre 41 % à Naples et 16 % à Palerme.

Rome est la première ville européenne à disposer d'un système de détection des vagues de chaleur et de prévision de leur impact sanitaire sur les populations (Heat Health Watch Warning System (HHWWS)) actif depuis deux ans (60). De tels systèmes sont basés sur l'observation sur plusieurs années des relations quotidiennes entre divers paramètres météorologiques locaux et la mortalité. Ils permettent ainsi, sur la base des prévisions météorologiques, de définir des seuils d'alarme pour des situations jugées dangereuses et de déclencher des mesures de prévention et d'intervention sanitaire et sociale en regard. D'autres villes italiennes se sont équipées d'un tel système (Turin, Milan, Bologne), mais des adaptations locales et plusieurs années sont nécessaires avant que ces modèles soient fonctionnels.

Rome a pu faire, pour la période allant du 1<sup>er</sup> juin au 15 août 2003, un premier bilan du nombre de morts observé et de celui prédit par le système sur la base des données fournies par le registre des décès de la ville. Au total, sur la période considérée, la mortalité observée en 2003 est 17,5 % plus élevée que la mortalité moyenne observée sur les années 1995-2002. On observe ainsi 708 morts en excès contre 467 morts en excès prévus par le HHWS (60). A noter que la période de chaleur a continué après le 12 août et qu'une analyse des données sur une période plus longue permettra de faire un bilan plus complet et d'affiner le modèle (tous les jours de pic de mortalité n'ont pas été prévus par celui-ci). Enfin, l'étape suivante sera d'évaluer l'efficacité du système de détection et des mesures de santé publique associées aux alertes (programme de télé-assistance destiné aux personnes âgées qui appellent : conseil, veille téléphonique, assistance et services à domicile au besoin).

Les premières analyses pour août à Turin au moyen du modèle ont bien prédit la survenue d'un pic épidémique de décès, mais ont sous-estimé considérablement son importance. Par exemple, pour le 12 août 2003, jour très chaud (40,3°C) et lendemain du record historique (41,5°C), il y a eu 82 morts recensés contre 8 estimés par le modèle.

## Espagne

Contact : Agencia de Salut Publica de Barcelona / Instituto de Salud Carlos III in Madrid, Ministerio de Sanida y Consumo.

La presse a fait état d'une vague de chaleur inhabituelle en durée et constance similaire à ce qui s'est passé en France entre le 1<sup>er</sup> et le 15 août. En outre, une vague de chaleur importante a frappé l'Espagne durant le mois de juin. Malgré le fait que les espagnols soient « habitués à la chaleur », de nombreux signes étaient en faveur d'un impact notable de cet événement sur la mortalité. La presse a en effet fait état d'un doublement de l'activité des services funéraires en divers points du territoire, d'une augmentation de 60 % des décès à Barcelone (837) du 1<sup>er</sup> juillet jusqu'au 15 août, d'un doublement des décès à Séville entre le 9 et le 18 août comparé à l'année précédente (respectivement 450 et 250).

Un rapport de l'Agencia de Salut Publica de Barcelone (61) a confirmé l'ordre de grandeur de l'excès de mortalité pour la semaine du 8 au 16 août qui est, pour la ville même, de 118 % par rapport à la même semaine de 2002 et de 90 % par rapport à celle des quatre années précédentes. Cette mortalité a augmenté de 52 % pour l'ensemble du mois d'août 2003 comparé à la moyenne mensuelle des sept années précédentes. Cette mortalité a touché essentiellement les personnes de plus de 80 ans (80 % d'excès en août 2003 comparé à août 2002). On peut noter qu'en parallèle, l'activité des urgences des hôpitaux de Barcelone (respectivement actes et hospitalisations) a peu augmenté durant le mois d'août 2003 par rapport au mois d'août 2002 (environ 6,5 % pour chaque année) si ce n'est pour les hôpitaux pédiatriques (24,6 % vs. 22,9 %).

Au niveau national, les premières estimations de la surmortalité réalisées par des experts espagnols, basées sur des sources d'information de qualités diverses prises dans 15 villes (certificats de décès, dénombrement d'enterrements), accréditent l'ampleur de l'impact signalé dans la presse quoique variable d'une ville à l'autre. Cependant, le gouvernement espagnol s'est refusé à donner une première estimation officielle malgré la fin d'une enquête réalisée avec recueil, en urgence, des certificats de décès

survenus en juin, juillet et août dans les capitales des 50 provinces, ainsi que dans un échantillon de communes de moins de 10 000 habitants. Les résultats de ce travail doivent être comparés aux moyennes correspondantes des années précédentes. Ils n'ont pas encore été publiés et pour l'instant le seul bilan officiel du ministère de la Santé espagnol de l'impact des températures élevées enregistrées durant les mois de juillet et août est de 59 morts par coup de chaleur et 82 décès en excès par aggravation de pathologies sous-jacentes (62).

Il n'existe pas de système d'alerte spécifique au niveau national. Il existe un système d'alerte hospitalière en Andalousie qui peut détecter une surmortalité hospitalière éventuelle. Le ministère de la Santé dispose sur son site web de pages de recommandations pour lutter contre les vagues de chaleur.

## Portugal

Contact : Instituto nacional de Saude, Observatório Nacional de Saúde.

Le Portugal a connu une vague de chaleur équivalente à celle observée en France en durée et en intensité. Les données de mortalité ont été obtenues sur la base de 31 registres civils nationaux couvrant toutes les capitales de district de la métropole portugaise. Les premières estimations, basées sur cet échantillon (41 % de la population), font état, pour l'ensemble du pays, de 1 316 décès en excès durant la période du 30 juillet au 12 août comparés à ceux de la quinzaine précédente. Ces estimations devraient être affinées et corrigées par l'Institut national des statistiques portugais.

Ce pays a déjà connu des vagues de chaleur aux impacts importants notamment en 1981 et 1991 (63). C'est pourquoi en 1999, l'Institut national de santé en collaboration avec le service de prévision de l'Institut national de météorologie a lancé la mise au point d'un modèle destiné à prévoir trois jours en avance, l'occurrence de vagues de chaleur avec une influence probable sur la mortalité (modèle ICARO). Ce système est actuellement basé sur les données apportées par Lisbonne et est destiné à s'étendre au niveau national. Une alerte sur la survenue de la vague de chaleur a pu être lancée par le Service national des pompiers et la Protection civile. L'efficacité des mesures de prévention et des actions n'a pas fait l'objet d'une évaluation complète. Mais une évaluation de l'impact des messages de prévention diffusés publiquement est en cours auprès d'un échantillon de la population.

## Pays-Bas

Contact : Dutch Central Bureau of Statistics, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).

Les Pays-Bas semblent avoir été moins touchés par la vague de chaleur. Cependant les températures observées entre le 1<sup>er</sup> juin et le 31 août ont été plus importantes qu'habituellement. Le premier bilan des décès survenus durant cette période montre un excès corrélé aux températures (25 à 35 morts en excès par degré Celsius supérieur à la moyenne de 22°C) soit, sur l'ensemble de la période, entre 1 000 et 1 400 morts en excès (pour 16,3 millions d'habitants) et, pour le mois d'août, entre 450 et 650 morts. Si la période la plus chaude a été entre le 31 juillet et le 13 août (températures moyennes de plus de 25°C avec 7 jours à plus de 30°C), d'autres périodes de chaleur ont aussi été enregistrées dans la deuxième partie de juillet et la première partie de juin. Les auteurs remarquent que l'on observe également un excès de décès pendant ces périodes (64).

**La Slovaquie et la Hongrie** n'ont pas de système de détection public des vagues de chaleur. **En Roumanie**, il existe une loi mentionnant l'existence d'un système de détection des vagues de chaleur associé à des mesures de prévention à respecter sur les lieux de travail.

La **Suède**, la **Finlande** et le **Danemark** ont relevé des températures anormalement élevées durant l'été 2003. Selon les experts contactés, l'impact correspondant n'a pas semblé majeur, mais ils n'ont pas connaissance d'une évaluation spécifique.

**La Grèce** n'a pas connu la période de chaleur observée en Europe Occidentale. Seuls quelques jours de forte chaleur ont été observés fin août.

## Conclusion

Les informations recensées auprès d'institutions publiques accréditent un impact des vagues de chaleur survenues à des périodes et avec des intensités diverses en Europe Occidentale durant l'été 2003 (tableau 20). Cet impact semble important puisque les estimations font état de 1 316 décès en excès au Portugal entre le 30 juillet et le 12 août, 4 175 décès en excès pour les plus de 65 ans en Italie entre le 15 juillet et le 15 août, 705 décès en excès à Rome entre le 1<sup>er</sup> juin et le 15 août, 2 045 décès en excès en Angleterre entre le 4 et le 12 août, 1 000 à 1 400 décès pour les mois de juin, juillet, août 2003 aux Pays-Bas. En Espagne pour l'instant, le nombre de décès officiellement reliés aux vagues de chaleur de l'été est de 58 décès par coup de chaleur et 82 décès par décompensation de pathologies sous-jacentes. Les résultats de l'étude lancée à l'échelle de l'Espagne n'ont finalement pas encore été publiés,

mais le bilan final ne devrait pas être si différent de ce qui a été constaté en Italie et au Portugal. Les informations sur l'impact de la vague de chaleur en Belgique et en Allemagne devraient être disponibles dans un délai plus long car aucun organisme n'a été mandaté officiellement pour réaliser un bilan dans ces pays.

Lisbonne et quatre grandes villes en Italie (Rome, Turin, Milan, Bologne) disposent d'un système de détection et d'alarme au jour le jour des vagues de chaleur permettant des prédictions d'impact sanitaire et d'un système de gestion associé. Les premiers résultats d'analyse des informations apportées par ces systèmes montrent qu'ils ont dans l'ensemble prévu les jours de pic de mortalité et ainsi permis de donner l'alerte à l'avance. Cependant, ils ont sous-estimé pour la plupart l'ampleur du phénomène et sont passés à côté d'un ou deux jours de pic. Ce premier retour d'expérience montre l'importance d'ajuster en permanence ces modèles en fonction des conditions géoclimatiques locales et nouvelles. Il permet aussi de souligner que ces modèles doivent obligatoirement être ajustés et ne peuvent être utilisés tels quels d'une ville à l'autre, sans faire l'objet d'analyses et de recherches. Cette analyse est l'objet même du programme PHEWE qui associe la ville de Paris pour la France et 15 autres villes européennes (cf chapitre 5, § 2.2. page 112).

Ces premiers bilans mettent nettement en évidence l'importance du problème de santé publique que posent les vagues de chaleur en Europe. Il s'agit d'un problème d'autant plus important qu'à l'avenir la probabilité de survenue d'une vague de chaleur risque de s'accroître avec le réchauffement climatique prévu et que l'impact sanitaire potentiel sera majoré par le vieillissement de la population. Ils appellent la mise en place d'actions claires et volontaires au niveau local, national et européen :

- 1) Il s'agit dans un premier temps de pouvoir dresser le bilan de cet été exceptionnellement chaud dans les différents pays contactés au moyen d'une méthodologie harmonisée tant pour ce qui est de la mesure des expositions aux vagues de chaleur survenues cet été que de celle des différents aspects de l'impact sanitaire et de l'influence des déterminants. Cette analyse devrait d'ailleurs être poursuivie sur les données recueillies jusqu'à la fin de l'année afin d'identifier d'éventuels effets à moyen terme.
- 2) Parallèlement, une collaboration étroite entre les experts impliqués dans les études visant à mieux identifier l'influence des facteurs de risque de décès liés à la chaleur permettrait le recueil de l'information utile à l'action.
- 3) Enfin, il apparaît nécessaire de mettre en place dans les différentes villes d'Europe des systèmes de détection et d'alerte des vagues de chaleur intenses couplés étroitement avec des plans d'intervention et de prévention. De tels systèmes ne seront rapidement performants qu'à condition d'utiliser au maximum l'expérience des initiatives précédentes, de définir des protocoles décisionnels ainsi que des objectifs d'efficacité clairs et de prévoir des systèmes d'évaluation réguliers.

Le développement d'une collaboration suivie entre les experts des différents pays doit être favorisé par l'organisation de meetings, de réseaux d'échange de données et d'analyse permanents ainsi que l'élaboration de programmes de recherche internationaux.

Tableau 20. Impact sanitaire de la vague de chaleur d'août 2003 en Europe (au 20 octobre 2003)

Pays	Information météorologique, été 2003	Premier bilan		Enquête lancée	Système de détection vague de chaleur	Système de gestion
		Experts	Presse			
<b>Allemagne</b>	Entre les 3 et 14 août : T° perçues > 32°C dans le Sud et l'Ouest de l'Allemagne, pointes à > 38°C	Deutscher Wetterdienst	Excès de décès dans certaines maisons de retraite dans certains Länder du Sud et de l'Ouest	Non au niveau fédéral	Non, mais recherche par le DWD	Non
<b>Angleterre et Pays de Galles</b>	3-13 août températures supérieures à 30°C en plusieurs points de l'Angleterre	Health Protection Agency, Office for National Statistics		Angleterre et Pays de Galles, période du 4/08 au 13/08/2003 : 2 045 décès en excès/5 années précédentes (estimation 2003 : 15 187). 64 % des décès sont survenus dans les régions Est et Sud-Est de l'Angleterre	Oui / modèle d'alerte au service météorologique	Alerte du réseau de santé du NHS (hôpitaux, services « communautaires » (community services) et services de santé publique) par la météo
<b>Belgique</b>	Moins intense qu'en France	Institut scientifique de santé publique	Pas d'impact notable	Non, possibilité de bilan dans 6 mois	Non	Non
<b>Espagne Pays</b>	Episodes intenses et notables dans certaines régions notamment dans la première quinzaine d'août	Institut Carlos III Madrid	Plus de 2 000 morts	Oui au niveau national sur la base des capitales de province (résultats 20 octobre) : résultats non communiqués	Non	Apparemment rien de spécifique si ce n'est un système d'alerte hospitalière en Andalousie
		----- Ministerio de Sanidad y Consumo	----- 58 morts par coup de chaleur et 82 morts par décompensation de pathologies sous jacentes			

<b>Barcelone</b>	ex. Barcelone : T° max > 35°C (première quinzaine d'août) 8-16/08 : T°max > 38°C avec minimales de T°min 26° pendant 3 j	Agence santé publique (ASP) Barcelone	Doublement des décès enregistrés durant la période du 8 au 16 août 2003	52 % d'excès de mortalité pour août 2003, 80 % chez les plus de 80 ans	Non	Non
<b>Italie</b>						
<b>Pays</b>	Vagues de chaleur en juin, juillet, août Plutôt juin-juillet pour villes du Sud et août pour villes du Nord	Istituto Superiore della Sanita	/cf. villes	15/07 au 15/08 : 4 175 décès en excès chez les > 65 ans (dont 1992 > 75 ans)	A Rome, Turin, Milan, Bologne	Oui à Rome, Turin
<b>Turin</b>	Vague de chaleur très intense en août	ARPA (Piémont-Turin)	Excès de 50 à 100 %	15/07 - 15/08 : 108 % de décès en excès (> 75 ans)	Oui modèle sous-estime le nombre de décès les jours de pic de mortalité	Oui Efficacité encore difficile à évaluer
<b>Rome</b>	Vagues de chaleur intenses : 02/06-02/07 et 10-30/07	Agence de Santé Locale de Rome ASL RM/E	Rien de clair	1/06 et 15/08 : 708 morts en excès	Oui : légère sous-estimation (467 morts en excès « prévus »)	Oui Efficacité encore difficile à évaluer
<b>Villes du Sud</b>	Plus courte (12 -19 août) et moins intense	Istituto Superiore della Sanita	Apparemment pas d'excès de décès	15/07 - 15/08 Naples : 40 % décès en excès (> 75 ans)	Non	Non
<b>Pays-Bas</b>	Moins intense Périodes de chaleur en juin-Juillet	Institut national de statistiques	1/06-31/08 Entre 1 000 et 1 400 morts en excès	Sur la base des données de mortalité 1/06-31/08 entre 1 000 et 1 400 morts en excès	A documenter	A documenter
<b>Portugal</b>	Aussi intense Aussi long	Institut national de santé	1 316 morts sur période non précisée	Oui enquête faite par sondage des communes : excès de 1 316 morts du 30 juillet au 12 août	Oui à Lisbonne (modèle ICARO)	Oui à Lisbonne



# Chapitre 5

## Perspectives de surveillance et d'alerte

Une vague de chaleur d'une ampleur exceptionnelle est survenue en France au cours de la période du 1<sup>er</sup> au 15 août 2003. L'impact sanitaire de cet épisode caniculaire a provisoirement été estimé à près de 15 000 morts en France sur la période du 1<sup>er</sup> au 20 août 2003. La population à risque est celle des personnes âgées et dans une moindre mesure des personnes fragilisées par une pathologie sous-jacente, notamment psychiatrique, ou par la prise de certains médicaments.

Il est primordial de tirer tous les enseignements de cet événement dramatique afin d'orienter les programmes de prévention que les autorités sanitaires souhaitent élaborer ou renforcer concernant les événements climatiques extrêmes.

Des études ou actions dans le champ de la surveillance et de l'alerte sont donc indispensables et sont décrites dans ce chapitre. Certaines ont été entamées au cours et au décours de l'événement caniculaire (cf § 1 et 2 ci-dessous). D'autres devront être mises sur pied en faisant appel à des financements ad hoc et des partenariats spécifiques du fait de leur caractère nécessairement multidisciplinaire (cf § 3 ci-dessous).

### 1. Le développement de l'alerte

#### 1.1. Avec Météo France

Le partenariat entre Météo France et l'InVS était essentiellement construit autour de travaux sur l'estimation de l'impact de la pollution atmosphérique.

L'absence d'étude internationale fiable sur les seuils d'alerte sanitaire en fonction des températures externes implique pour l'InVS et Météo France de mettre en œuvre un système d'alerte complet visant à informer les pouvoirs publics, la population et les acteurs du système de santé, sur les précautions à prendre en cas de canicule. On notera toutefois qu'un système d'alerte sur les risques liés au froid existe pour l'ouverture d'abris collectifs pour les personnes sans domicile fixe. Il repose sur la transmission, en hiver, de données météorologiques par Météo France au cabinet du secrétaire d'Etat à la lutte contre la précarité et l'exclusion.

L'InVS a initié en 2003 un programme de recherche européen, avec ses partenaires européens, dans le domaine de la surveillance de l'impact de la pollution atmosphérique associée à la chaleur.

Le drame d'août 2003 ne permet plus d'attendre les résultats de recherches qui ne devraient être publiés que dans trois ans. En conséquence Météo France et l'InVS ont décidé de monter un projet commun de transmission permanente de données de météorologie avec pour objectif la mise en place d'un système d'alerte opérationnel pour faire face aux vagues de chaleur futures. La première étape de cette collaboration est de définir quel type d'indicateurs climatiques choisir et quels seuils leur appliquer. Une liste des indices biométéorologiques les plus pertinents en terme de représentativité et de prévisibilité doit être établie par Météo France. L'approche par masse d'air synoptique sera aussi explorée. En parallèle, l'InVS va développer une méthodologie permettant de tester les différents indicateurs climatiques proposés par Météo France à partir d'une analyse rétrospective des données météorologiques et sanitaires. A la suite de ces tests, la méthode (indice ou masse d'air synoptique) la mieux adaptée au climat français et la plus intéressante du point de vue de la prédiction sera utilisée pour construire le premier système d'alerte.

## **1.2. Gestion des alertes sanitaires identifiées par le réseau des intervenants sanitaires - Premiers éléments de réflexion**

L'ampleur de la mortalité observée lors de la crise sanitaire de l'été 2003, sur une très courte durée et de façon complètement inattendue, a fait émerger dans le débat public la nécessité d'un système d'alerte sanitaire capable de recevoir des signaux à partir du réseau des intervenants sanitaires et de réagir dans un délai très bref pour mobiliser et optimiser les moyens sanitaires existants. L'InVS est chargé de mettre en place un tel système à courte échéance.

Le système actuel de gestion des alertes sanitaires à l'InVS comporte principalement une veille des maladies transmissibles et des pathologies environnementales. Les alertes concernant les maladies transmissibles qui arrivent à l'InVS – incluant les Cellules interrégionales d'épidémiologie – sont ciblées selon le type d'infections : alertes résultant de la surveillance de la listériose, du botulisme, de la trichinose, du Sras... Dans le cadre environnemental, deux types de phénomènes déclenchent jusqu'à présent la plupart des alertes. Il peut s'agir d'une pollution industrielle, il faut alors mesurer l'impact sanitaire de cette pollution. Il peut s'agir également d'évaluer l'imputabilité de différentes pathologies à une cause environnementale. C'est le cas des clusters, association temporo-spatiale d'une pathologie habituellement rare comme par exemple les cancers chez l'enfant.

Imaginer un système d'alerte capable de gérer les signaux issus des intervenants sanitaires apparaît comme une dimension originale non seulement au sein de l'InVS mais dans la pratique de santé publique des pays développés. Le recours croissant à des dispositifs d'urgence médicalisés publics, en particulier hospitaliers, apparaît comme un phénomène social commun aux sociétés occidentales. Il est important de souligner que jusqu'à présent aucun pays développé n'a mis en place un dispositif centralisé d'alerte sanitaire basé sur l'activité des urgences, en dehors de situations de crises ou de catastrophes naturelles. De ce fait, les références internationales manquent. Et on peut penser que les difficultés pratiques dans la mise en place d'un tel système ont limité sa mise en œuvre.

Les données sanitaires issues du système des urgences sont en partie mal connues et peu étudiées dans une optique de santé publique. A l'évidence, le dispositif sanitaire des urgences connaît depuis une dizaine d'années des changements structurels profonds. La fréquentation ou l'appel aux urgences pré-hospitalières et hospitalières progressent régulièrement dans notre pays. Cette progression tient en partie à la redistribution de l'offre de soins – diminution de la part de la médecine ambulatoire pour la médecine hospitalière – et à une extension des motifs de recours aux urgences pour de nombreux états de santé. Cependant, dans le même temps, les phénomènes morbides émergents en population – desquels on peut rapprocher la canicule – vont entraîner un recours aux urgences de première intention, donnant ainsi à celles-ci une position d'observatoire de la santé des populations. Il en est de même pour les autres intervenants sanitaires, comme les pompiers et la médecine de ville.

L'analyse des signaux issus des services d'urgence est aujourd'hui inexistante. La dimension de ce réseau est pourtant considérable. Il y a près de 600 unités d'urgence qui assurent 13 millions de passages annuels soit 35 000 passages par jour en moyenne, avec des fluctuations dans le temps. De cette masse de données, il faut déterminer les signaux sanitaires pertinents et disponibles en temps réel, créer des liens télématiques entre ces professionnels, analyser ces signaux selon des critères scientifiques, déterminer des seuils critiques, être capable de fournir en retour des informations synthétiques, et traduire ces informations en terme de pré-alerte ou d'alerte. La réactivité de l'organisation sanitaire en retour apparaît comme un point clé de ce dispositif.

## **2. Les études épidémiologiques en cours à l'InVS**

### **2.1. L'analyse de la part de la pollution atmosphérique dans les conséquences sanitaires de la vague de chaleur 2003 en France**

#### **2.1.1. L'évaluation immédiate**

Dans un premier temps, il a été envisagé de réaliser une évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique pour l'été 2003 indépendamment des effets de la température, qui sont encore peu quantifiés aujourd'hui. Cette estimation nécessite les données de mortalité et les mesures d'ozone pour la période étudiée, mais aussi la connaissance de la relation exposition-risque permettant d'estimer le nombre de décès attribuables à la pollution.

Si les travaux du programme PSAS-9 ont quantifié en 2002 des relations entre l'exposition à la pollution atmosphérique (l'ozone en particulier) et le risque de décès, celles-ci ont été établies à partir de séries pluriannuelles de données sur les années 1990-1997 qui ne comprennent aucune vague de chaleur inhabituelle sur aucune des neuf villes participant au programme. Compte tenu des valeurs

de température et d'ozone exceptionnellement élevées et de façon prolongée durant l'été 2003 (cf chapitre 2, pages 37-47), l'évaluation de l'impact sanitaire à partir de ces relations exposition-risque est scientifiquement non valide et aurait fourni des résultats potentiellement erronés. En effet, on ne peut que douter que la relation ozone-risque de décès observée habituellement reste la même dans des conditions extrêmes de température et de pollution, ces deux facteurs de risque interagissant dans leurs effets sur la santé.

Devant ce constat, une revue de la littérature scientifique a été réalisée, à la recherche de relations exposition-risque établies dans des conditions comparables à celles de l'été 2003 en France (20;33;47;52;65-74). Plus précisément, les critères de sélection et de qualité de l'étude ayant établi cette relation étaient les suivants :

- étude recherchant les effets à court terme de l'ozone sur la mortalité ;
- étude incluant **une période prolongée (plusieurs semaines) de fortes températures et de niveaux d'ozone élevés de façon inhabituelle ;**
- étude multicentrique ;
- étude mise en œuvre dans des villes européennes.

L'étude de ces effets dans la population âgée était un dernier élément de choix.

Sur les 14 articles identifiés comme étudiant les effets de la pollution atmosphérique relativement à des niveaux de température, seuls trois (20;47;72) étudient ces effets dans un contexte climatique comparable à la situation française de l'été 2003. Deux articles concernent une vague de chaleur survenue en Belgique en 1994 et le troisième traite d'une période similaire survenue à Athènes en 1987. Néanmoins, les travaux réalisés en Belgique ne rapportaient pas de niveaux d'ozone particulièrement élevés pendant cette période. Par ailleurs, dans les deux cas, à Athènes et en Belgique, les études menées sont déjà anciennes et n'ont pas bénéficié des avancées de ces dernières années sur le plan de la méthodologie statistique. Aussi, si leurs résultats sont intéressants en terme de connaissances, ils ne peuvent être extrapolés à large échelle dans un objectif de santé publique.

### **2.1.2. Les perspectives**

Dans le cadre du PSAS-9, une étude sera réalisée pour évaluer en terme de mortalité et de morbidité les effets liés à la vague de chaleur et à la pollution atmosphérique de l'été 2003 en France. L'objectif de cette étude est d'estimer l'excès de risque de mortalité lié à l'exposition à la température et à la pollution atmosphérique et d'établir la part de responsabilité de chacun de ces facteurs ainsi que de leur potentialisation mutuelle. Elle recherchera également les facteurs déterminants de la surmortalité observée au cours de cette période. Ainsi, l'analyse recherchera si seuls les niveaux atteints de température et de pollution atmosphérique ont joué un rôle primordial dans l'impact sanitaire de la canicule ou si la répétition des jours de forte chaleur et de forte pollution y a également contribué.

Son objectif final est de permettre, à partir des relations ainsi modélisées entre l'exposition et le risque de décès, la réalisation d'une évaluation de l'impact sanitaire (EIS) de la température et de la pollution, c'est-à-dire l'estimation du nombre de décès attribuables à chacun des deux facteurs. **Ce travail nécessite des séries pluriannuelles de données sanitaires et d'exposition à la pollution et aux facteurs météorologiques qui ne sont pas disponibles sous forme validée dans l'immédiat. Parallèlement, l'élaboration d'un protocole d'analyse permettant de différencier les impacts respectifs de la vague de chaleur exceptionnelle et de la pollution nécessitera la recherche d'une méthodologie appropriée.** Ce projet sera donc élaboré au cours des mois qui viennent.

### **2.1.3. Conclusion**

Les outils et connaissances nécessaires à la quantification du risque et à l'évaluation de l'impact sanitaire de la température et de la pollution atmosphérique doivent donc être élaborés sous des conditions climatiques telles que celles observées cet été. Pour ce travail, les partenariats développés depuis le début du PSAS-9 avec les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air et Météo France seront plus que jamais indispensables.

## **2.2. Le programme européen PHEWE – Assessment and Prevention of acute Health Effects of Weather conditions in Europe**

L'InVS participe au projet PHEWE, qui a débuté en 2003. Coordonné par l'Agence de santé locale ASL/RM/E à Rome et financé par la Commission européenne, PHEWE a pour objectif d'évaluer les effets

aigus des conditions météorologiques en Europe. Il concerne 16 villes européennes présentant des conditions climatiques contrastées : Athènes, Barcelone, Bucarest, Budapest, Cracovie, Dublin, Helsinki, Ljubljana, Londres, Milan, Paris, Prague, Rome, Stockholm, Turin et Zurich.

Concrètement l'étude PHEWE va s'attacher aux aspects suivants : existence de seuils de « toxicité » des facteurs météorologiques, forme de la relation dose-réponse, temps de latence entre exposition et effets, identification de masses d'air associées à des effets spécifiques et interaction entre les facteurs météorologiques et de pollution atmosphérique.

### **2.3. L'analyse des facteurs de risque de décès liés à la canicule d'août 2003 chez les personnes âgées**

Lors des épisodes de canicule, la mortalité peut être prévenue. Cette prévention repose sur le repérage des populations sensibles et une bonne connaissance des facteurs de risque. La surmortalité concernant de manière plus importante les personnes âgées (1), il a été décidé de concentrer les efforts sur la recherche des facteurs de risque dans cette population.

L'étude de la surmortalité liée à la canicule d'août 2003 (1) a également montré que l'accroissement le plus important des décès s'est produit en maisons de retraite (nombre de décès multiplié par 2 correspondant à un excès de 2 640 décès). Encore faut-il observer que le certificat de décès n'enregistre que le lieu où s'est produit le décès et non le lieu de résidence habituel. Une partie des décès qui sont survenus à l'hôpital (excès de 5 866 décès) concerne donc des personnes qui résidaient habituellement en maison de retraite et qui ont été transférées en milieu hospitalier avant leur décès. Une autre partie de ces décès survenus à l'hôpital concerne des personnes âgées résidant dans des unités de soins de longue durée.

La surmortalité des personnes âgées résidant en institution est un phénomène qui n'est pas décrit lors des études de l'impact des vagues de chaleur survenues aux Etats-Unis (6), ce qui peut s'expliquer pour une large part par le fait que les « nursing homes » américaines sont pour la plupart équipées de climatiseurs. Par ailleurs, la population des personnes âgées résidant en institution est parfaitement repérable, et il s'agit d'un univers soumis à une réglementation et à des contrôles.

Ces investigations doivent être conduites de manière rapide après l'épisode caniculaire afin de pouvoir mobiliser la mémoire de l'entourage personnel et professionnel des personnes décédées.

Les facteurs de risque de décès sont de trois ordres :

- Il y a d'une part les facteurs de risque qui concourent à ce que les personnes exposées à la chaleur tombent dans un état morbide ou aggravent un état morbide sous-jacent.
- Il peut, d'autre part, y avoir des facteurs de risque liés à la prise en charge médicale de la personne après l'apparition de signes cliniques. Des différences dans la prise en charge à état pathologique égal peuvent expliquer que l'issue de la maladie soit favorable ou non.
- Enfin, compte tenu du contexte français, il apparaît indispensable d'établir quels sont les facteurs de risque expliquant la surmortalité en institution.

Deux enquêtes épidémiologiques sont en cours à l'InVS : l'une concerne les personnes âgées de 65 ans et plus qui résidaient dans un domicile privé, l'autre les personnes qui résidaient dans un établissement d'hébergement pour personnes âgées. Une troisième enquête sera mise en place prochainement au sein de deux cohortes existantes : la cohorte PAQUID (Personnes Agées Quid, coordonnée par J-F Dartigues, Inserm) et la cohorte 3C (étude des 3 cités, coordonnée par J-F Dartigues et A Alperovitch, Inserm).

Les deux études mises en place en première intention portent sur les facteurs de risque dont la connaissance permettrait d'orienter les mesures de prévention primaire. L'objectif de santé publique est que si des événements caniculaires se reproduisent, le nombre de personnes en souffrant soit abaissé ce qui, en réduisant les flux de patients aura un impact favorable sur leur prise en charge.

Il n'en reste pas moins que l'étude des facteurs de risque permettant d'orienter la prévention secondaire (favoriser une issue favorable pour le plus grand nombre possible de malades), reste un objectif important qui pourrait être poursuivi par des études ad hoc.

#### **2.3.1. Enquête sur les personnes âgées résidant à domicile**

Une enquête cas-témoins a été mise en place afin d'étudier les facteurs de risque de décès liés à la chaleur des personnes âgées qui résidaient dans un logement individuel.

La population d'étude concerne les personnes âgées de plus de 65 ans vivant dans de grandes

agglomérations particulièrement touchées par la canicule. Le choix des zones d'étude a été fait en fonction des critères suivants : zones particulièrement touchées par la canicule, diversité des situations d'urbanisme et d'habitat et faisabilité. Quatre zones ont été définies : Paris, le Val-de-Marne, Orléans et Tours.

Les cas ont été définis comme les personnes :

- ayant un certificat de décès ne mentionnant pas comme cause de décès « cause accidentelle », « suicide » ou « cause néoplasique évolutive (métastases) » ;
- âgées de 65 ans et plus au moment de leur décès ;
- décédées au cours du pic de mortalité liée à la chaleur (la période retenue est celle du 8 au 13 août) ;
- qui vivaient habituellement à leur domicile ;
- dont le domicile est situé dans une des quatre zones d'étude.

Les cas ont été « recrutés » dans la base du CépiDc. Les nom et adresse de domicile des personnes décédées ont ensuite été obtenus dans les registres d'état civil des communes concernées.

Les témoins ont été sélectionnés sur liste téléphonique. Ils sont appariés aux cas sur l'âge, le sexe et le lieu de domicile. Ils doivent en outre avoir vécu dans la zone d'étude pendant la période de canicule (du 8 au 13 août).

Le recueil des données sera effectué par questionnaire. Pour les cas, un interrogatoire en face à face d'un proche de la personne décédée sera réalisé. Il s'agit par ordre de priorité d'un membre de la famille (conjoint, personne vivant au domicile, enfant connaissant les habitudes de vie) ou d'un proche (aide à domicile, voisin immédiat, ami visiteur régulier). Pour les témoins, l'interrogatoire se fera en face à face de la personne concernée ou, en cas d'impossibilité due à un handicap, d'un proche de la personne défini comme pour les cas. Plusieurs types de facteurs de risque sont recherchés : les facteurs de risque individuels, qui peuvent être de trois types (liés au mode de vie, liés à l'autonomie du sujet ou liés aux pathologies préexistantes) et les facteurs de risque environnementaux liés à l'habitat.

Le nombre de sujets nécessaire pour réaliser une étude de puissance suffisante est de 300 cas et 300 témoins. Le projet de planning prévoit la réalisation de l'enquête à domicile courant novembre 2003 et la finalisation du rapport d'étude courant février 2004.

Cette étude associe le Département santé environnement de l'InVS, le Centre d'étude épidémiologique des décès (CépiDc) de l'Inserm et le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB).

### **2.3.2. Enquête sur les facteurs de risque de décès en institution**

L'enquête a pour objectif de déterminer les facteurs de risque et les facteurs protecteurs (qu'ils soient collectifs (liés à l'établissement) et individuels (liés à la personne)) de la mortalité liée à la canicule d'août 2003. Un certain nombre de questions clés seront particulièrement investiguées : le nombre et la qualité des personnels présents dans les établissements ont-ils été déterminants pour le risque en cas de canicule ? Les petites structures sont-elles plus (moins) à risque ? La présence d'un entourage familial a-t-il été un facteur (même en institution) qui a limité le risque, en cas de canicule ? L'état physique des personnes préalablement à la canicule (taille/poids, maladies chroniques, dépendance) a-t-il influencé le risque et si oui, dans quel sens ? La consommation habituelle d'alcool était-elle un facteur de risque ? Certaines familles de médicaments ont-elles été des facteurs de risque ou de protection vis-à-vis de la déshydratation et des décès ? Le fait d'avoir mis en place une politique de prévention spécifique a-t-il pu constituer un facteur de protection ? Si oui, quelles mesures ont été efficaces ? Le transfert (l'hospitalisation) des personnes a-t-il été un facteur favorable ou défavorable par rapport au traitement sur place ? La climatisation est-elle un facteur déterminant dans la prévention des déshydratations et des décès ? Les caractéristiques architecturales et le mode d'habitat dans l'établissement (exposition, dernier étage, ventilation) constituent-ils des facteurs de risque (déshydratation, décès) en cas de canicule ?

Pour atteindre ces objectifs fixés, l'enquête comporte deux études simultanées :

- Une étude cas-témoins « établissements ». Elle a pour objectif d'identifier les facteurs de risque et de protection directement liés à l'établissement et indépendants des personnes. Il peut s'agir du bâtiment, de son équipement, de l'environnement, du personnel, etc...
- Une étude cas-témoins « individus ». Elle a pour objectif d'identifier les facteurs de risque et de protection individuels des personnes résidant en établissements pour personnes âgées indépendamment des facteurs de risque ou de protection liés à l'établissement.

Les établissements enquêtés sont des maisons de retraite, des unités de soins de longue durée, et des logements-foyers médicalisés. Ils ont été sélectionnés dans la zone de plus forte surmortalité (régions Alsace, Bourgogne, Centre, Champagne-Ardenne, Franche-Comté, Ile-de-France, Limousin, Lorraine, ainsi qu'une partie des régions Pays-de-la-Loire, Poitou-Charente et Rhône-Alpes).

La sélection des établissements s'est faite à partir d'informations sur la mortalité demandées aux Directions départementales des affaires sanitaires et sociales le 14 août 2003 par la Direction générale de l'action sociale du ministère des Affaires sociales, du Travail et de la Solidarité.

Les 200 établissements ayant eu la plus forte mortalité dans les régions enquêtées constituent les « cas » de l'étude cas-témoins « établissements ». Ils seront comparés à 200 établissements-témoins selon un principe d'appariement sur la zone géographique et le niveau de dépendance de la population accueillie. A l'intérieur des établissements à forte mortalité, 400 personnes décédées en août 2003 et répondant à une définition de cas permettant de sélectionner au plus près les décès liés à la chaleur (soit deux par établissements) seront comparées à 400 témoins restés vivants (appariés avec les cas sur l'établissement et l'âge).

Ces études sont conduites par visite sur place et entretien avec la direction et les personnels des établissements. Ce recueil de données de terrain a débuté le 6 octobre 2003 par les 12 épidémiologistes du programme InVS/ENSP (Ecole nationale de santé publique) de formation à l'épidémiologie de terrain « Profet ».

L'ensemble de cette étude associe le Département santé environnement de l'InVS à la Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (Drees) et à l'unité Inserm 500 - Epidémiologie des maladies chroniques et du vieillissement.

### **2.3.3. Etude des facteurs individuels ayant influencé la mortalité et la morbidité des personnes âgées durant la vague de chaleur du mois d'août 2003**

Ce travail sera réalisé en collaboration avec la cohorte PAQUID (Personnes âgées QUID). Cette cohorte créée en 1988, avait pour objectif l'étude des facteurs fonctionnels et cérébraux du vieillissement dans un échantillon randomisé de 3 777 sujets âgés de 65 ans et plus à l'inclusion. Ces derniers devaient résider à domicile dans les départements de la Dordogne et de la Gironde. Les sujets étaient sélectionnés à partir des listes électorales après stratification sur l'âge, le sexe et l'unité urbaine. Lors de l'inclusion des sujets dans l'étude en 1988, des psychologues remplissaient à leur domicile un questionnaire détaillé sur les caractéristiques socio-démographiques et l'état de santé.

Une deuxième cohorte serait intéressante à étudier. Il s'agit de l'étude multicentrique des trois cités (enquête 3 C) réalisée dans trois grandes villes : Bordeaux, Dijon et Montpellier. Cette cohorte constituée de 9 809 personnes âgées de 65 ans et plus, recrutées sur les listes électorales, a pour objectif d'étudier les pathologies vasculaires et la démence. La population est certes plus jeune que celle de PAQUID mais l'effectif important pourrait permettre d'apporter des éléments de réponse sur les facteurs individuels ayant influencé la mortalité des personnes âgées durant la vague de chaleur du mois d'août 2003.

## **2.4. Recherche de facteurs expliquant la sous-mortalité pendant la canicule dans le département des Bouches-du-Rhône par rapport aux départements limitrophes**

Entre le 1<sup>er</sup> et le 20 août 2003, la surmortalité a été moins importante dans la région PACA (excès de 34 % par rapport aux trois années précédentes) que sur l'ensemble de la France (55 %) (1). A Marseille, sur la même période, l'analyse des données de mortalité obtenues à partir de l'état civil a montré une augmentation de 25 % de la mortalité (cf tableau 17 page 83). En revanche, à Nice, la surmortalité était proche de la moyenne nationale (53 %). L'analyse des données de mortalité obtenues à l'AP-HM et au CHU de Nice a montré la même différence d'impact de la vague de chaleur.

Suite à la période de canicule ayant touché la ville de Marseille en juillet 1983, des recommandations pour la prévention et la prise en charge des pathologies liées à un excès de chaleur ont été faites. Cependant, on ne connaît pas l'application effective de ces recommandations, en particulier au moment de la canicule d'août 2003.

Une étude, menée à l'initiative de la Ddass des Bouches-du-Rhône, sera réalisée afin de recenser les actions d'information et de prévention menées antérieurement et au cours de l'été 2003 dans le département. L'objectif est, à terme, de fournir des éléments dans la mise au point d'une stratégie de prévention des effets liés un épisode caniculaire futur.

Cette étude associera la Cire Sud, la Ddass des Bouches-du-Rhône, le Laboratoire de santé publique de la Timone, le Centre régional d'éducation pour la santé de la région et le Centre départemental d'éducation pour la santé du département et sera réalisée en 2004.

### 3. Autres études à envisager

Plusieurs études ont décrit la relation entre la durée des fortes chaleurs et la cause du décès. Alors que les décès directement liés à la chaleur surviennent le jour même de la vague de chaleur ou dans les trois jours qui suivent, les décès secondaires à une pathologie cardiovasculaire ou à une pathologie pulmonaire augmenteraient lorsque des températures élevées persisteraient plusieurs semaines (4). Il est également fréquent qu'une diminution transitoire de la mortalité soit observée dans les mois qui suivent une vague de chaleur. Une analyse descriptive des décès survenus au cours de l'année 2003 est donc à envisager.

L'analyse des certificats de décès survenus entre le 1<sup>er</sup> et le 20 août dans la région Centre (41 621 décès) montre que la distribution des causes de décès n'est pas identique selon l'âge. Chez les personnes décédées avant 75 ans, on observe une augmentation de la mortalité par troubles mentaux multipliée par six (1). Les maladies mentales et les médicaments psychotropes sont des facteurs de risque connus de décès par coup de chaleur. Une étude sur l'aggravation de l'état de santé selon la pathologie psychiatrique sous-jacente, le traitement médicamenteux en cours ou le type de prise en charge est également à envisager.

L'étude menée sur les décès par coup de chaleur en établissement de santé montre une faible proportion de décès survenus chez les personnes âgées de moins de 65 ans (5 %). Chez la moitié de ces personnes décédées, une maladie mentale était notifiée. D'autres pathologies étaient rapportées, dont certaines particulièrement handicapantes au niveau moteur. Cette étude montre également que le niveau de dépendance des personnes âgées décédées d'un coup de chaleur est élevé. Il serait donc utile de mener des études dans ces groupes de personnes particulièrement vulnérables.

Enfin, il semble que les pathologies génito-urinaires aient été une des causes médicales importantes de décès lors de la vague de chaleur survenue au mois d'août. On peut raisonnablement penser que les personnes souffrant d'une insuffisance rénale sont vulnérables vis-à-vis des hautes températures ambiantes. En effet, le risque de déshydratation, de modification importante de l'équilibre hydro-électrique ou de complications toxiques est élevé.

#### 3.1. Analyse descriptive des décès survenus en 2003

L'analyse des certificats de décès sur l'année 2003 devrait permettre de mieux décrire les caractéristiques des décès survenus pendant la canicule et d'identifier des groupes de population plus à risque de décès en relation avec la chaleur.

#### 3.2. Etudes en secteur psychiatrique

En 1998, une étude portant sur 129 896 personnes suivies par le secteur psychiatrique suggérait que 69 % étaient pris en charge en soin ambulatoire, 14 % en soin à temps partiel et 17 % en soin à temps complet. Il serait intéressant de décrire l'évolution la « file active » des malades, c'est-à-dire l'ensemble des patients vus au moins une fois dans l'année par un des membres de l'équipe de secteur (75). L'information pourrait être recueillie à partir de la fiche par patient qui résume l'évolution dans la file active de chacune des personnes. Une étude descriptive sur les modifications de l'état de santé, des traitements et de la prise en charge au mois d'août selon l'importance de la mortalité par maladie mentale observée par région est à envisager.

#### 3.3. Etudes en établissements médico-sociaux pour personnes handicapées

Une étude pourrait être réalisée auprès des établissements médico-sociaux prenant en charge des personnes handicapées selon des modalités similaires à celles décrites au paragraphe précédent. Cependant une telle étude nécessitera un recueil plus lourd du fait de l'absence de recueil d'informations permanent dans ces établissements.

### 3.4. Etudes sur l'aggravation de l'état de santé

D'autres études pourraient être envisagées afin d'étudier si la vague de chaleur a entraîné une aggravation de certains états morbides : altération de la dépendance chez les personnes âgées, décompensation d'une insuffisance rénale ou de cardiopathies ischémiques. Ces études pourraient être réalisées dans le cadre de collaborations avec des réseaux ou des registres de morbidité.

Au total, l'ensemble de ces études pourrait faire l'objet d'un appel d'offres en 2004. Cet appel d'offres pourrait être élargi à l'étude d'autres facteurs de risque de décès liés à la canicule d'août, comme les facteurs sociaux, organisationnels, et structurels, mis en cause en particulier dans la surmortalité observée lors de la vague de chaleur de Chicago en 1995 (76).

# Conclusion

La vague de chaleur qui a touché la France en août 2003 a été exceptionnelle par les pics thermiques relevés, jamais observés par le passé, et par l'ampleur de son étendue. Elle a été associée à des phénomènes importants de pollution en particulier liés à l'ozone.

L'impact sanitaire de la canicule d'août 2003 a été majeur, avec près de 15 000 décès en excès entre le 1<sup>er</sup> et le 20 août 2003 par rapport aux trois années précédentes. La France a été le pays le plus touché par la canicule en Europe et il s'agit de l'une des canicules les plus mortelles depuis les années 60 dans les pays développés.

Si les personnes âgées ont été les plus touchées, à partir de 45 ans, la surmortalité a été en augmentant avec l'âge. D'autres facteurs ont pu moduler les conséquences sanitaires de la canicule : des facteurs individuels (sexe, mode de vie, maladies associées) et des facteurs environnementaux (habitat, pollution atmosphérique, climatisation...). Deux études cas-témoins mises en place par l'InVS, l'une portant chez les sujets décédés en institution et l'autre chez les sujets décédés à domicile, devraient permettre de mieux caractériser les facteurs qui ont pu influencer l'issue fatale chez les personnes âgées. De même, une étude visant à recenser les actions de prévention de la chaleur mises en place dans les Bouches-du-Rhône pendant la canicule va être réalisée par la Cire Sud afin de disposer d'éléments permettant d'expliquer en partie la sous-mortalité observée dans ce département par rapport aux départements limitrophes. Une meilleure connaissance des facteurs de risque et des facteurs protecteurs de la mortalité au cours de la canicule de cet été seront indispensables pour alimenter la réflexion sur la mise au point de stratégies de prévention primaire et secondaire afin d'éviter qu'une telle catastrophe sanitaire se répète.

D'autres études épidémiologiques apparaissent néanmoins nécessaires pour mieux connaître les caractéristiques épidémiologiques des personnes décédées au cours de la canicule et pour identifier et étudier des groupes de populations plus fragiles décédées pendant la canicule ou qui ont vu leur état de santé s'aggraver.

A la suite d'événements semblables, de nombreuses villes des Etats-Unis et du Canada ont développé leurs propres plans d'action pour faire face aux épisodes caniculaires. Des mesures simples de prévention ciblées sur les populations à risque, l'appel à la solidarité et la mobilisation de moyens supplémentaires dans les services de santé sont généralement appliquées. En France, de tels plans devraient se développer. Le choix des indicateurs biométéorologiques et des seuils de veille/avertissement/alerte font l'objet d'une collaboration avec Météo France. Ils devront néanmoins être élaborés à l'échelle locale. De même, si les principes d'un plan de prévention peuvent être déclinés à l'échelle nationale, leur application devra s'adapter au contexte local. Enfin, les plans chaleur n'ont pas fait l'objet d'une évaluation de leur efficacité en terme de réduction de la mortalité. Il apparaît important de réfléchir en amont à la mise en place d'une telle évaluation en cas de future vague de chaleur.

La survenue de cette crise sanitaire a également mis en évidence la nécessité de développer un réseau d'alerte basé sur des réseaux sentinelles des services d'urgences. Les premiers éléments issus de deux études menées cet été ont permis de dégager des éléments d'information pour la faisabilité de la mise en place d'un tel réseau.

La canicule de cet été a eu un impact sanitaire majeur en France et a conduit à la remise en question de notre système de santé publique dans sa capacité à anticiper ce type de crise. Les collaborations développées à cette occasion et l'ensemble des actions et études mises en place par l'InVS visent à anticiper les conséquences sanitaires d'une future vague de chaleur et à alimenter la réflexion sur la mise en place de stratégies de prévention efficaces. Il semble que des facteurs sociaux, organisationnels et structurels ont probablement également contribué à l'impact sanitaire de la canicule en France et devraient tout autant faire l'objet d'études spécifiques que les facteurs individuels ou environnementaux.



# Références Bibliographiques

- [1] Hémon D, Jouglu E. Surmortalité liée à la canicule d'août 2003. Rapport d'étape (1/3). Estimation de la surmortalité et principales caractéristiques épidémiologiques. Inserm, Paris, 2003:1-59.
- [2] InVS. Impact sanitaire de la vague de chaleur en France survenue en août 2003. Rapport d'étape, 28 août 2003. <http://www.invs.sante.fr>
- [3] Robinson PJ. On the definition of a heat wave. *J Appl Meteorol* 2000; 40:762-775.
- [4] Basu R, Samet JM. Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. *Epidemiol Rev* 2002; 24(2):190-202.
- [5] Besancenot JP. Les grands paroxysmes climatiques et leurs répercussions sur la santé. *Presse Thermale et Climatique* 1997; 134(4):237-246.
- [6] Besancenot JP. Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines. *Environnement Risques et Santé* 2002; 1(4):229-240.
- [7] Cooter E. Approche bioclimatique d'une forte vague de chaleur. Le cas de l'Oklahoma. *Climat et Santé* 1993; (9):51-70.
- [8] Smoyer-Tomic KE, Rainham DG. Beating the heat: development and evaluation of a Canadian hot weather health-response plan. *Environ Health Perspect* 2001; 109(12):1241-1248.
- [9] Kalkstein LS, Jamason PF, Greene JS, Libby J, Robinson L. The Philadelphia hot weather-health watch/warning system: development and application, summer 1995. *Bulletin of the American Meteorological Society* 1996; 77(7):1519-1528.
- [10] Auger N, Kosatsky T. Chaleur accablante. Mise à jour de la littérature concernant les impacts de santé publique et proposition de mesures d'adaptation. Direction de la santé publique, Montréal, 2002.
- [11] Anonymous. Heat-related illnesses, deaths, and risk factors--Cincinnati and Dayton, Ohio, 1999, and United States, 1979-1997. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2000; 49(21):470-473.
- [12] Huynen MM, Martens P, Schram D, Weijenberg MP, Kunst AE. The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environ Health Perspect* 2001; 109(5):463-470.
- [13] Beers MH, Berkow R. *Le Manuel Merck de diagnostic et thérapeutique*. Editions du centenaire, 3<sup>ème</sup> édition, Paris, 2000.
- [14] Murray L. Environmental. In: Cameron P, Jelinek G, Kelly A-M, Murray L, Heyworth J, editors. *Textbook of adult emergency medicine*. Edinburgh, 2000:606-607.
- [15] Rogers IR, Williams A. Heat-related illness. In: Cameron P, Jelinek G, Kelly A-M, Murray L, Heyworth J, editors. *Textbook of adult emergency medicine*. Edinburgh, 2000:607-610.
- [16] Donoghue ER, Graham MA, Jentzen JM, Lifschultz BD, Luke JL, Mirchandani HG. Criteria for the diagnosis of heat-related deaths: National Association of Medical Examiners. Position paper. *Am J Forensic Med Pathol* 1997; 18(1):11-14.
- [17] Naughton MP, Henderson A, Mirabelli MC, Kaiser R, Wilhelm JL, Kieszak SM *et al.* Heat-related mortality during a 1999 heat wave in Chicago. *Am J Prev Med* 2002; 22(4):221-227.
- [18] Thirion X. La vague de chaleur de juillet 1983 à Marseille : enquête sur la mortalité, essai de prévention. *Santé Publique* 1992; 4:58-64.
- [19] Katsouyanni K, Trichopoulos D, Zavitsanos X, Touloumi G. The 1987 Athens heatwave. *Lancet* 1988; 2(8610):573.
- [20] Sartor F, Snacken R, Demuth C, Walckiers D. Temperature, ambient ozone levels, and mortality during summer 1994, in Belgium. *Environ Res* 1995; 70(2):105-113.
- [21] Rooney C, McMichael AJ, Kovats RS, Coleman MP. Excess mortality in England and Wales, and in Greater London, during the 1995 heatwave. *J Epidemiol Community Health* 1998; 52(8):482-486.
- [22] Benbow N. Chaleur et mortalité à Chicago en juillet 1995. *Climat et Santé* 1997; 18:61-70.

- [23] Jones TS, Liang AP, Kilbourne EM, Griffin MR, Patriarca PA, Wassilak SG *et al.* Morbidity and mortality associated with the July 1980 heat wave in St Louis and Kansas City, Mo. *JAMA* 1982; 247(24):3327-3331.
- [24] Jones TS. Retour sur un sujet controversé : morbidité et mortalité durant la vague de chaleur de juillet 1980 au Missouri. *Climat et Santé* 1993; 9:25-49.
- [25] Kunst AE. Température et mortalité aux Pays-Bas. Essai d'analyse chronologique. *Climat et Santé* 1996; 15:43-64.
- [26] Weisskopf MG, Anderson HA, Foldy S, Hanrahan LP, Blair K, Torok TJ *et al.* Heat wave morbidity and mortality, Milwaukee, Wis, 1999 vs 1995: an improved response? *Am J Public Health* 2002; 92(5):830-833.
- [27] Mortality during a hot summer with severe air pollution by ozone. ISI International Conference on Environmental Statistics and Health, 2003.
- [28] Whitman S, Good G, Donoghue ER, Benbow N, Shou W, Mou S. Mortality in Chicago attributed to the July 1995 heat wave. *Am J Public Health* 1997; 87(9):1515-1518.
- [29] Semenza JC, Rubin CH, Falter KH, Selanikio JD, Flanders WD, Howe HL *et al.* Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago. *N Engl J Med* 1996; 335(2):84-90.
- [30] Dematte JE, O'Mara K, Buescher J, Whitney CG, Forsythe S, McNamee T *et al.* Near-fatal heat stroke during the 1995 heat wave in Chicago. *Ann Intern Med* 1998; 129(3):173-181.
- [31] Ballester F, Corella D, Perez-Hoyos S, Saez M, Hervas A. Mortality as a function of temperature. A study in Valencia, Spain, 1991-1993. *Int J Epidemiol* 1997; 26(3):551-561.
- [32] Diaz J, Jordan A, Garcia R, Lopez C, Alberdi JC, Hernandez E *et al.* Heat waves in Madrid 1986-1997: effects on the health of the elderly. *Int Arch Occup Environ Health* 2002; 75(3):163-170.
- [33] Diaz J, Garcia R, Velazquez dC, Hernandez E, Lopez C, Otero A. Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986 to 1997. *Int J Biometeorol* 2002; 46(3):145-149.
- [34] Curriero FC, Heiner KS, Samet JM, Zeger SL, Strug L, Patz JA. Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States. *Am J Epidemiol* 2002; 155(1):80-87.
- [35] Hajat S, Kovats RS, Atkinson RW, Haines A. Impact of hot temperatures on death in London: a time series approach. *J Epidemiol Community Health* 2002; 56(5):367-372.
- [36] Donaldson GC, Keatinge WR, Nayha S. Changes in summer temperature and heat-related mortality since 1971 in North Carolina, South Finland, and Southeast England. *Environ Res* 2003; 91(1):1-7.
- [37] Keatinge WR, Donaldson GC, Cordioli E, Martinelli M, Kunst AE, Mackenbach JP *et al.* Heat related mortality in warm and cold regions of Europe: observational study. *BMJ* 2000; 321(7262):670-673.
- [38] O'Neill MS, Zanobetti A, Schwartz J. Modifiers of the temperature and mortality association in seven US cities. *Am J Epidemiol* 2003; 157(12):1074-1082.
- [39] Anonymous. Heat-related illnesses and deaths--Missouri, 1998, and United States, 1979-1996. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 1999; 48(22):469-473.
- [40] Semenza JC, McCullough JE, Flanders WD, McGeehin MA, Lumpkin JR. Excess hospital admissions during the July 1995 heat wave in Chicago. *Am J Prev Med* 1999; 16(4):269-277.
- [41] McGeehin MA, Mirabelli M. The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States. *Environ Health Perspect* 2001; 109(Suppl 2):185-189.
- [42] Ellis FP. Mortality from heat illness and heat-aggravated illness in the United States. *Environ Res* 1972; 5(1):1-58.
- [43] Anonymous. Heat-related deaths--four states, July-August 2001, and United States, 1979-1999. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2002; 51(26):567-570.
- [44] Anonymous. Heat-associated mortality--New York City. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 1984; 33(29):430-432.
- [45] Buffat JJ, Brinquin L. Le coup de chaleur : de l'épidémiologie à la prévention. *Climat et Santé* 1996; 15:5-24.
- [46] Escourrou P. Chaleur et mortalité. *Bulletin de la section de géographie* 1978; 83:59-73.

- [47] Katsouyanni K, Pantazopoulou A, Touloumi G, Tselepidaki I, Moustris K, Asimakopoulos D *et al.* Evidence for interaction between air pollution and high temperature in the causation of excess mortality. *Arch Environ Health* 1993; 48(4):235-242.
- [48] Changnon SA, Kunkel KE, Reinke BC. Impacts and responses to the 1995 heat wave: a call to action. *Bulletin of the American Meteorological Society* 1996; 77(7):1497-1506.
- [49] Dalex RM. Extreme weather operations plans. City of Chicago, 2002.
- [50] Milwaukee Health Department, Milwaukee Heat Task Force. Plan for excessive heat conditions 2003. Milwaukee Health Department, Milwaukee Heat Task Force, 2003.
- [51] Programme de Surveillance Air et Santé 9 villes. Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain – Phase II. Institut de veille sanitaire, Paris, 2003.
- [52] Touloumi G, Katsouyanni K, Zmirou D, Schwartz J, Spix C, de Leon AP *et al.* Short-term effects of ambient oxidant exposure on mortality: a combined analysis within the APHEA project. *Air Pollution and Health: a European Approach. Am J Epidemiol* 1997; 146(2):177-185.
- [53] Touloumi G, Atkinson RW, Le Tertre A, Samoli E, Schwartz J, Schindler C *et al.* Analysis of health outcome time series data in epidemiological studies. *Environmetrics*. In press.
- [54] LOI n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie. JO n° 1 du 1 janvier 1997.
- [55] Directive n°2002/3/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 février 2002 relative à l'ozone dans l'air ambiant. JOCE L 67 du 9 mars 2002.
- [56] Anonymous. Medical examiner summer mortality surveillance--United States, 1979-1981. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 1982; 31(25):336-343.
- [57] Eenschooten M. Les personnes âgées en institution en 1998 : catégories sociales et revenus. *DRESS, Etudes et résultats n°108*, mars 2001.
- [58] Office National for Statistics. Summer mortality: deaths up in August heatwave. <http://www.statistics.gov.uk/cci/nugget.asp?id=480>, 3-10-2003.
- [59] Conti S. Epidemiological study of mortality during the summer of 2003 in Italy: preliminary results. Istituto Superiore della Sanita - Centro Nazionale di Epidemiologia, 2003.
- [60] Michelozzi P. The impact of heat wave on mortality during the summer of 2003 in Rome. 2003. (Personal Communication).
- [61] Agencia de Salut Publica. Grup de Treball per a l'estudi de l'episodi de calor de l'estiu 2003 a Barcelona. Informe resum de l'impacte de l'ondata de calor sobre la salut a la ciutat de Barcelona a l'estiu del 2003.
- [62] Ministerio de la Sanidad. El Ministerio de Sanidad y las comunidades Autonomas analizan el "Informe sobre el impacto sanitario de la ola de calor". <http://www.msc.es/notas/2003-09-17-2.htm>.
- [63] Kovats RS. Heatwaves: past and future impacts. In: Ebi K, Burton I, Smith J, editors. *Integration of public health with adaptation to climate change: lessons learned and new directions*. Lisse, 2003.
- [64] Statistics Netherlands. Hot summer claims more than a thousand lives. <http://www.cbs.nl/en/publications/articles/webmagazine/2003/1275k.htm>, septembre 2003
- [65] Bernard SM, Samet JM, Grambsch A, Ebi KL, Romieu I. The potential impacts of climate variability and change on air pollution-related health effects in the United States. *Environ Health Perspect* 2001; 109(Suppl 2):199-209.
- [66] Botter DA, Jorgensen B, Peres AA. A longitudinal study of mortality and air pollution for Sao Paulo, Brazil. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2002; 12(5):335-343.
- [67] Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, Analitis A, Touloumi G, Schwartz J *et al.* Short term effects of ozone on mortality: annual and seasonal results from 23 European cities within the APHEA2 project. Soumis, 2003.
- [68] Hoek G, Brunekreef B, Verhoeff A, van Wijnen J, Fischer P. Daily mortality and air pollution in The Netherlands. *J Air Waste Manag Assoc* 2000; 50(8):1380-1389.
- [69] Loomis DP, Borja-Aburto VH, Bangdiwala SI, Shy CM. Ozone exposure and daily mortality in Mexico City: a time-series analysis. *Res Rep Health Eff Inst* 1996; 75:1-37.

- [70] Mackenbach JP, Looman CW, Kunst AE. Air pollution, lagged effects of temperature, and mortality: The Netherlands 1979-87. *J Epidemiol Community Health* 1993; 47(2):121-126.
- [71] Moolgavkar SH, Luebeck EG, Hall TA, Anderson EL. Air pollution and daily mortality in Philadelphia. *Epidemiology* 1995; 6(5):476-484.
- [72] Sartor F, Demuth C, Snacken R, Walckiers D. Mortality in the elderly and ambient ozone concentration during the hot summer, 1994, in Belgium. *Environ Res* 1997; 72(2):109-117.
- [73] Sunyer J, Castellsague J, Saez M, Tobias A, Anto JM. Air pollution and mortality in Barcelona. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50(Suppl 1):s76-s80.
- [74] Thurston GD, Ito K. Epidemiological studies of acute ozone exposures and mortality. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2001; 11(4):286-294.
- [75] Casadebaig F, Ruffin D, Quemada N. The population treated in the general psychiatric sector in 1993 and 1998. Clinical and demographic evolution. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2001; 49(6):513-521.
- [76] Grynszpan D. Lessons from the French heatwave. *Lancet* 2003; 362(9391):1169-1170.
- [77] Laschewski G, Jendritzki G. Effect of the thermal environment on human health: an investigation of 30 years of daily mortality data from SW Germany. *Clim Res* 2003; 21:91-103.

# Annexes

## Annexe 1. Formules des indices biométéorologiques

### Humidex

$$\text{humidex} = t + (0,5555)^{e-10,0}$$

$$e = 6,11 \cdot \exp[5417,7530 \cdot ((1/273,16) - (1/\text{tdr}))]$$

t correspond à la température de l'air sous abri en Kelvin.

tdr correspond à la température du point de rosée en Kelvin.

5417,7530 est une constante approximative basée sur la masse molaire de l'eau, la chaleur latente d'évaporation et la constante universelle des gaz.

### Température apparente (AT)

$$\text{AT} = 2,719 + 0,994 \cdot t + 0,016 \cdot (\text{tdr})^2$$

t correspond à la température de l'air sous abri en Celsius ( $15,6 < t < 50^\circ\text{C}$ ).

tdr correspond à la température du point de rosée en Celsius ( $\text{tdr} < 31^\circ\text{C}$ ).

Par convention, le seuil critique est fixé à  $40,6^\circ\text{C}$  pour AT (6). Le concept du calcul de la température apparente repose sur la réduction de la résistance cutanée nécessaire pour réaliser l'équilibre thermique entre le corps humain et l'air ambiant. Les résultats fournis par AT sont donc objectifs, bien que les calculs soient faits à partir d'équations simplifiées postulant que la vitesse du vent est comprise entre 2 et 2,7 m/s, que la pression atmosphérique est proche de 1013,5 hPa et que les températures moyennes radiantées et températures de l'air sont similaires (sujet à l'ombre) (3).

### Indice de chaleur (Hi)

$$\text{Hi} = -42,379 + 2,04901523 \cdot t + 10,14333127 \cdot \text{hu} - 0,22475541 \cdot t \cdot \text{hu} - (6,83783 \cdot 10^{-3} \cdot t^2) - 5,481717 \cdot 10^{-2} \cdot \text{hu}^2 + 1,22874 \cdot 10^{-3} \cdot t^2 \cdot \text{hu} + \text{hu} + (8,5282 \cdot 10^{-4}) \cdot t \cdot \text{hu}^2 - 1,99 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 \cdot \text{hu}^2$$

t correspond à la température de l'air sous abri en Fahrenheit<sup>17</sup>.

hu correspond au taux d'humidité.

L'indice de chaleur développé par le National Weather Service des Etats-Unis est une version modifiée de la température apparente simplifiant la procédure informatique de calcul.

### Indice d'inconfort (DI)

$$\text{DI} = t - 0,55 \cdot (1 - 0,01 \cdot \text{hu}) \cdot (t - 14,5)$$

t correspond à la température de l'air sous abri en Celsius.

hu correspond au taux d'humidité.

Par convention, le seuil critique est fixé à  $26^\circ\text{C}$  en population générale ( $32^\circ\text{C}$  pour les militaires) pour DI (6).

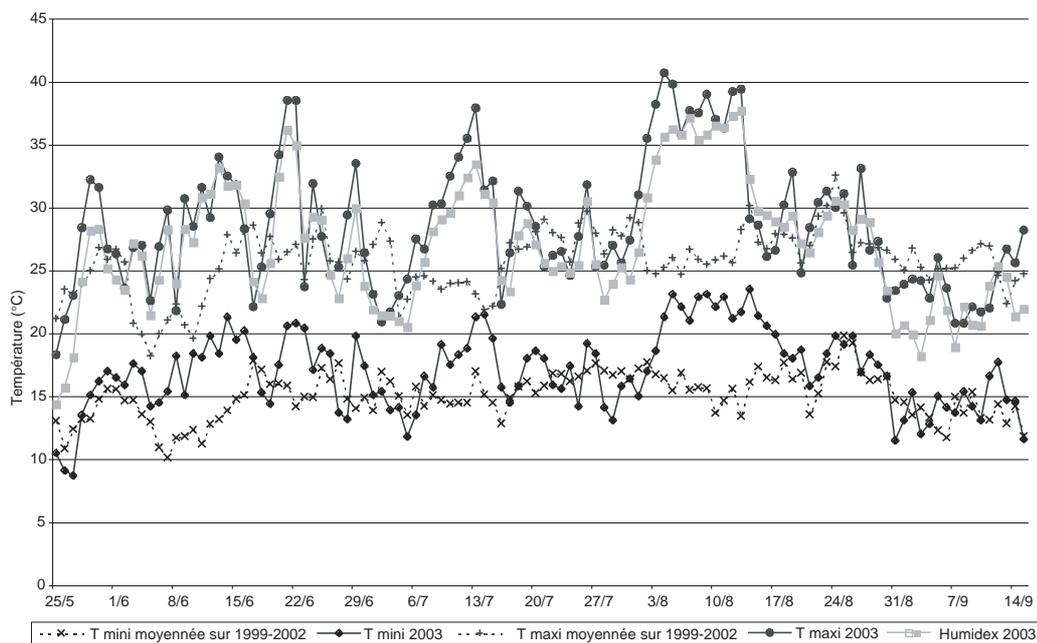
<sup>17</sup> Formule de conversion des °F en °C :  $^\circ\text{C} = 5/9 \times (^\circ\text{F} - 32)$

## Annexe 2. Caractéristiques météorologiques détaillées par ville

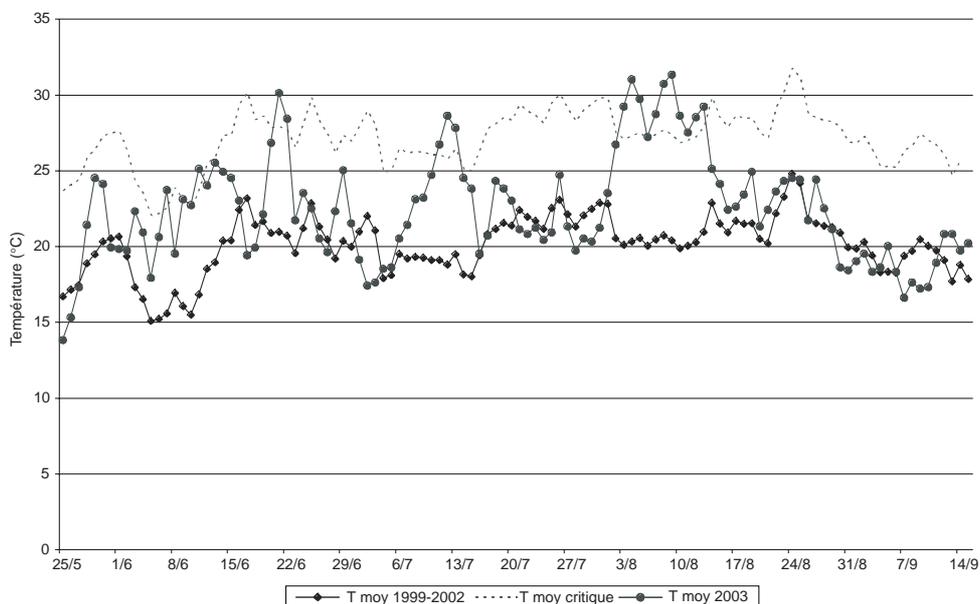
### Bordeaux

Après deux courtes élévations marquées de température autour du 22 juin et du 13 juillet, une période prolongée de canicule s'installe à partir du 2 août jusqu'au 14 août (12 jours consécutifs à plus de 35°C et températures minimales au-dessus de 20°C) (figure 50). L'indice humidex journalier moyen est lui aussi élevé durant la première quinzaine d'août et dépasse les 35°C (notion d'inconfort important). L'importance du pic de chaleur début août 2003 par rapport aux moyennes des années précédentes est marquée : au maximum +8,5°C pour les températures minimales et +13,5°C pour les maximales (figure 51). Du 3 au 13 août, la température moyenne est au-dessus de la température critique. AT et DI ne dépassent pas les seuils. L'AT a des valeurs supérieures à 35°C du 4 au 13 août.

**Figure 50.** Températures maximales, minimales et indice humidex moyen observés à Bordeaux entre le 25 mai et le 15 septembre pour les années 1999-2002 et 2003



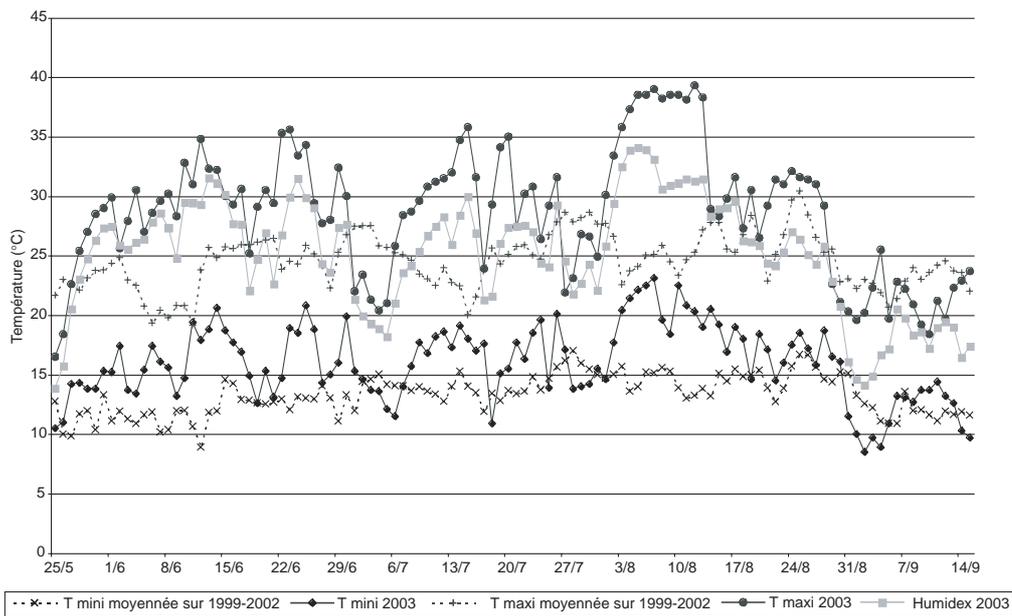
**Figure 51.** Evolution de la température moyenne sur 1999-2002 et en 2003 entre le 25 mai et le 15 septembre, comparée à la température critique (=température moyenne 1999-2002 +7°C) à Bordeaux



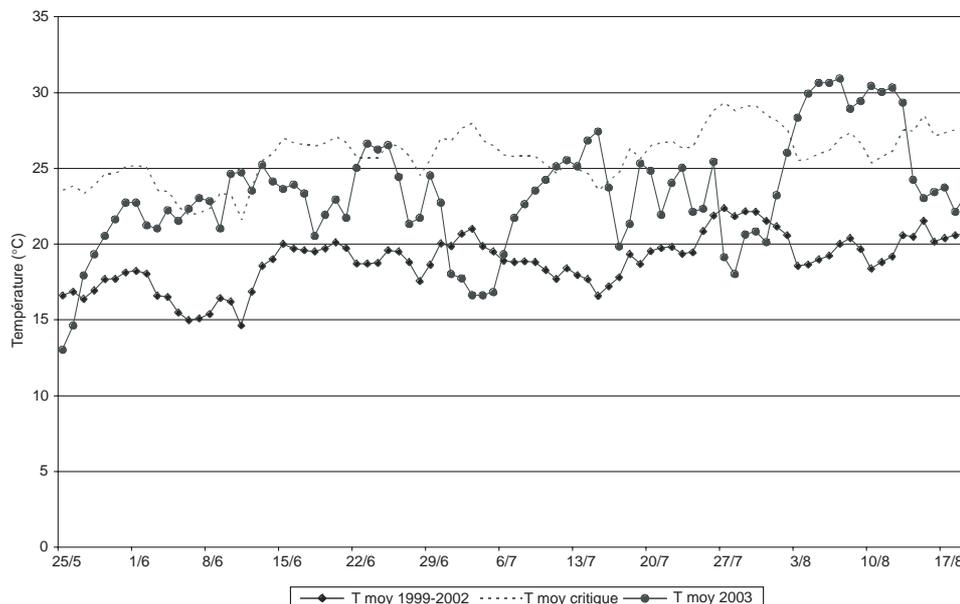
## Dijon

Les températures maximales les plus hautes apparaissent progressivement à partir du 31 juillet (+14°C en 6 jours), une baisse rapide s'amorçant à partir du 14 août (figure 52). On observe durant cette période 11 jours consécutifs à plus de 35°C (température maximale) et 5 nuits consécutives à plus de 20°C (température minimale). L'indice humidex augmente parallèlement à la température mais reste au-dessous des 35°C (figure 52). L'importance du pic de chaleur début août 2003 par rapport aux moyennes des années précédentes est marquée : au maximum +8 °C pour les températures minimales et +14,5°C pour les maximales (figure 53). Du 3 au 13 août, la température moyenne est au-dessus de la température critique. AT et DI ne dépassent pas les seuils. L'AT est au-dessus de 35°C du 4 au 7 août.

**Figure 52.** Températures maximales, minimales et indice humidex moyen observés à Dijon entre le 25 mai et le 15 septembre pour les années 1999-2002 et 2003



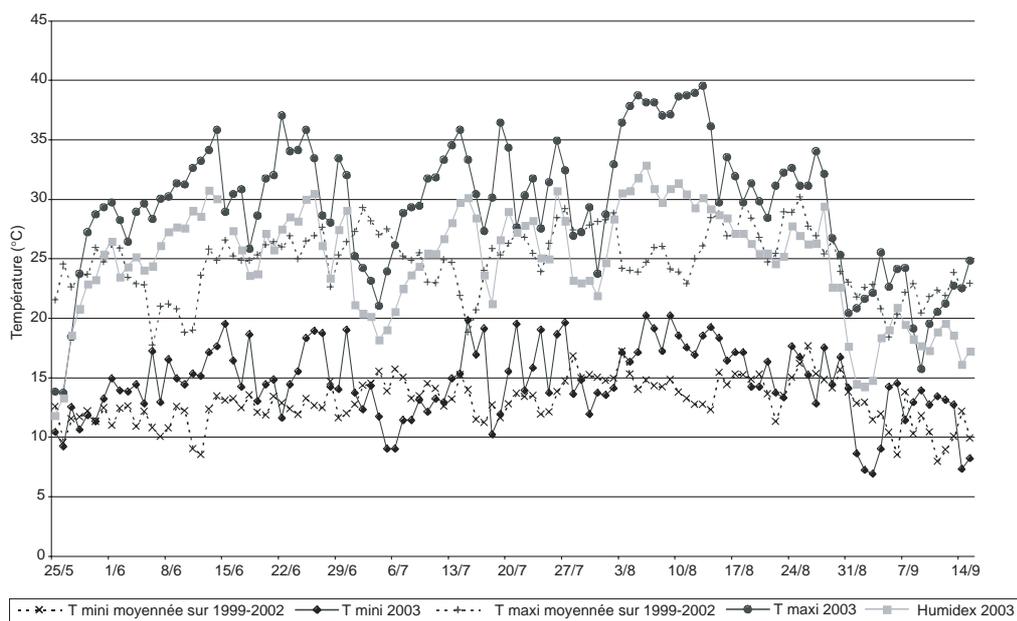
**Figure 53.** Evolution de la température moyenne sur 1999-2002 et en 2003 entre le 25 mai et le 15 septembre, comparée à la température critique (=température moyenne 1999-2002 +7°C) à Dijon



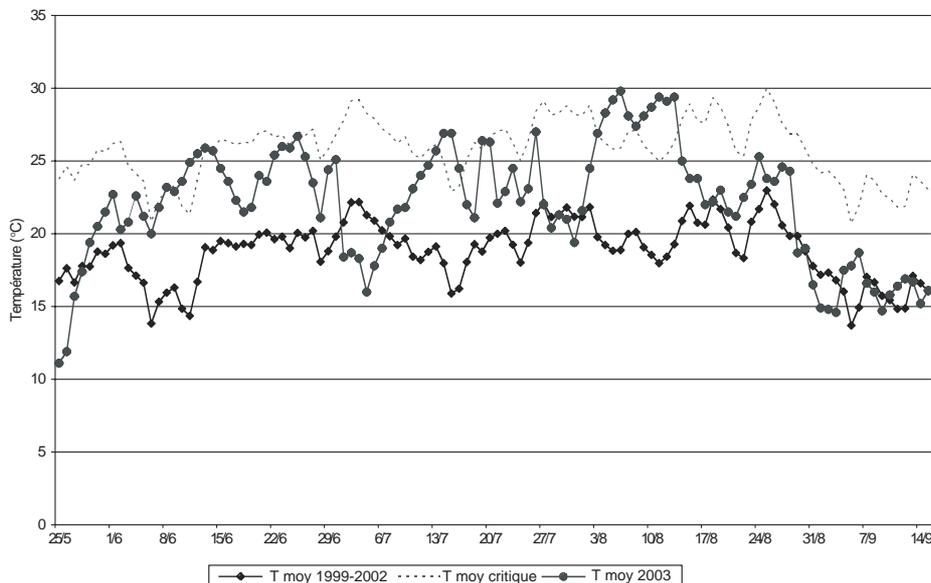
## Grenoble

Les températures maximales les plus hautes apparaissent progressivement à partir du 31 juillet (+15°C en 5 jours), une baisse rapide s'amorçant à partir du 14 août. On observe durant cette période 12 jours consécutifs à plus de 35°C (température maximale) (figure 54). L'augmentation des températures minimales est moins marquée, celles-ci restant toujours au-dessous de 20°C. L'augmentation de l'indice humidex est aussi moins marquée, il reste au-dessous des 35°C (figure 54). L'importance du pic de chaleur début août 2003 par rapport aux moyennes des années précédentes est marquée : au maximum +7°C pour les températures minimales et +15,8°C pour les maximales (figure 55). Du 4 au 13 août, la température moyenne est au-dessus de la température critique. AT et DI ne dépassent pas les seuils.

**Figure 54.** Températures maximales, minimales et indice humidex moyen observés à Grenoble entre le 25 mai et le 15 septembre pour les années 1999-2002 et 2003



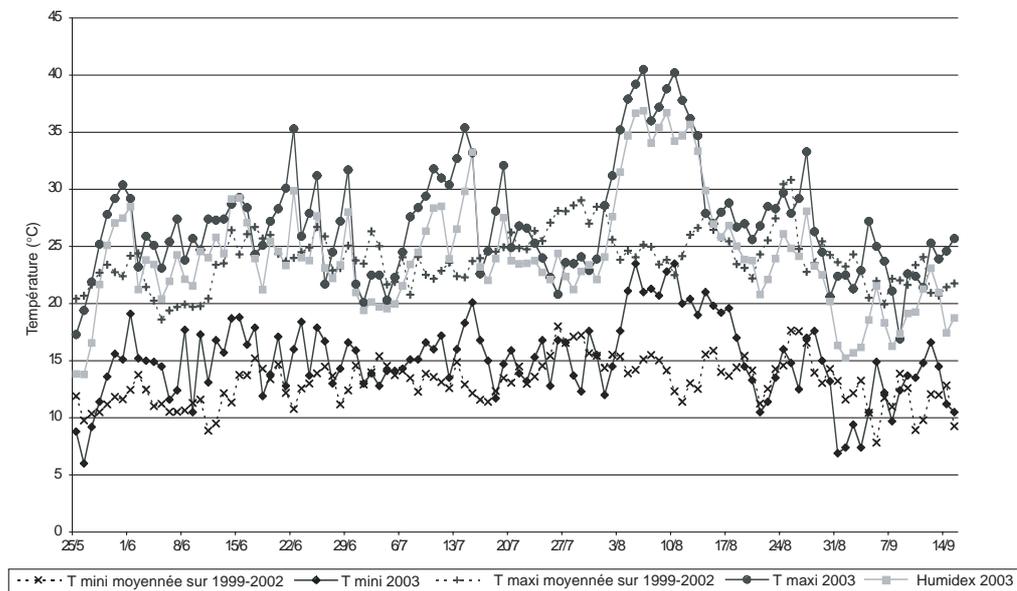
**Figure 55.** Évolution de la température moyenne sur 1999-2002 et en 2003 entre le 25 mai et le 15 septembre, comparée à la température critique (=température moyenne 1999-2002 +7°C) à Grenoble



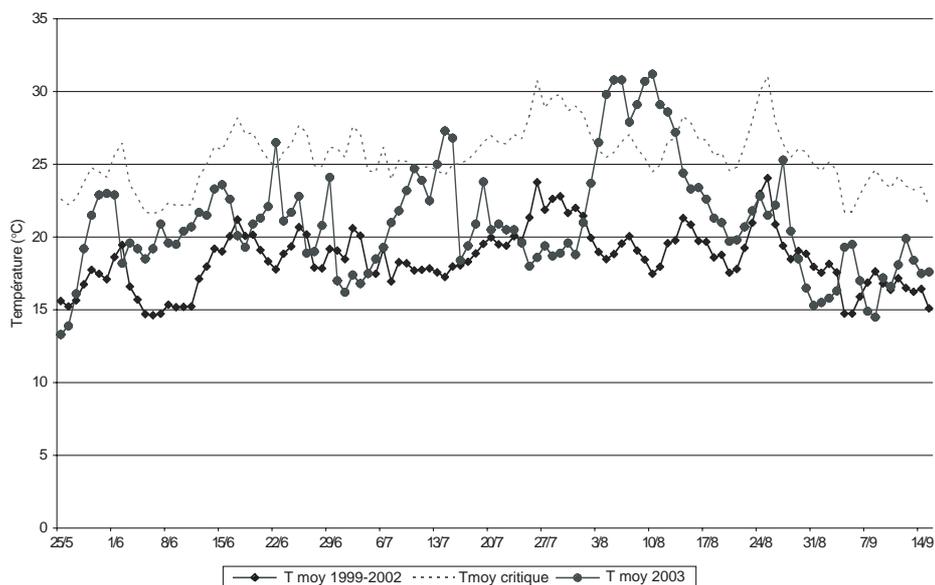
## Le Mans

Les températures maximales les plus hautes apparaissent progressivement à partir du 31 juillet (+17°C en 7 jours). On observe durant cette période 11 jours consécutifs à plus de 35°C (température maximale), la température baissant le 7 pour remonter ensuite (figure 56). Les températures minimales restent au-dessous de 25°C. L'augmentation de l'indice humidex est parallèle à l'augmentation des températures, avec plusieurs jours au-dessus de 35°C (figure 56). L'importance du pic de chaleur début août 2003 par rapport aux moyennes des années précédentes est très marquée : au maximum +11°C pour les températures minimales et +17°C pour les maximales (figure 57). Du 3 au 13 août, la température moyenne est au-dessus de la température critique. AT et DI ne dépassent pas les seuils. L'AT est au-dessus de 35°C du 4 au 13 août.

**Figure 56.** Températures maximales, minimales et indice humidex moyen observés au Mans entre le 25 mai et le 15 septembre pour les années 1999-2002 et 2003



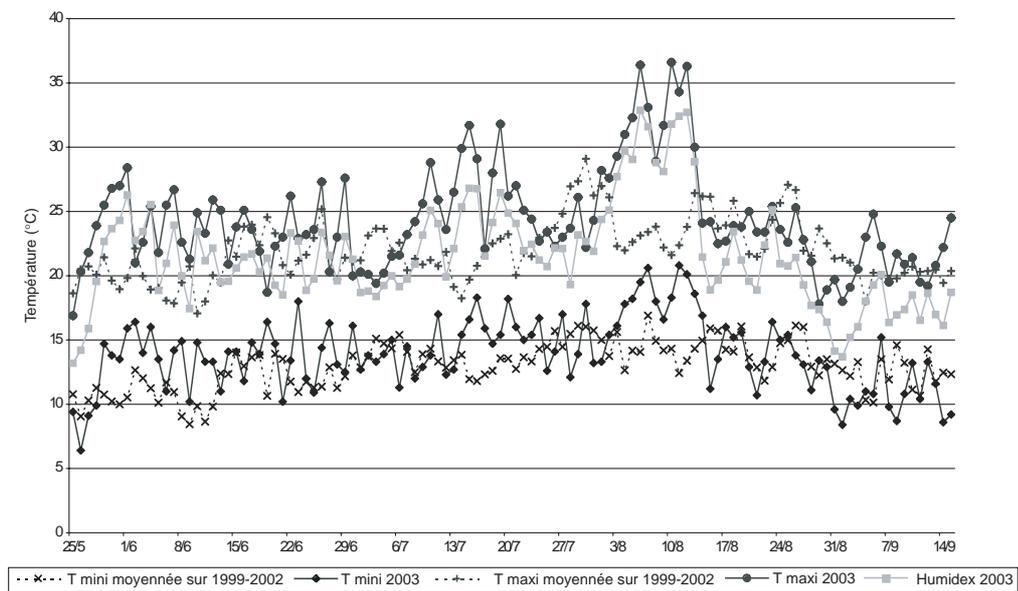
**Figure 57.** Evolution de la température moyenne sur 1999-2002 et en 2003 entre le 25 mai et le 15 septembre, comparée à la température critique (=température moyenne 1999-2002 +7°C) au Mans



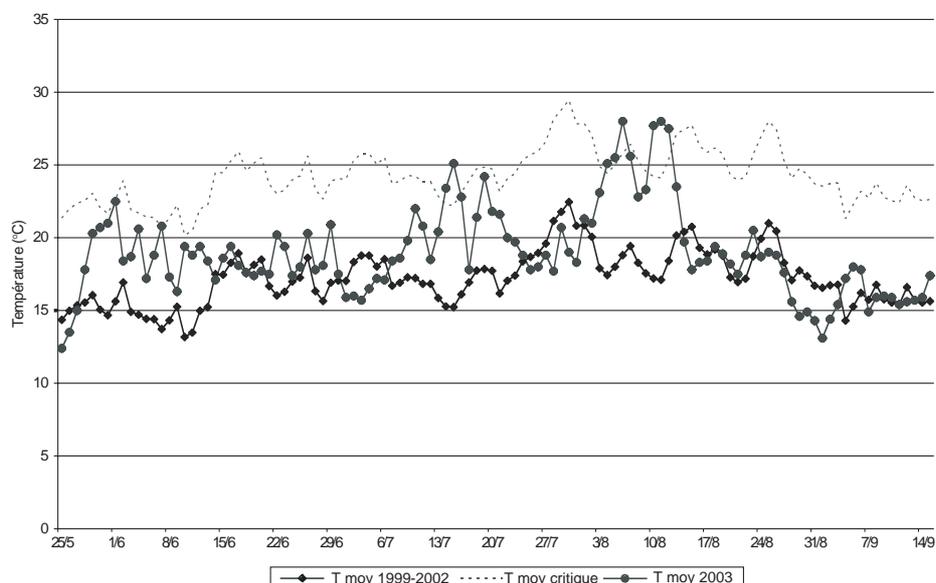
## Lille

Les températures maximales les plus hautes surviennent progressivement à partir du 31 juillet (+14°C en 8 jours), une baisse rapide s'amorçant à partir du 14 août après une première baisse suivie d'une remontée du 6 au 10 août (figure 58). On observe seulement trois jours à 35°C séparés par des journées moins chaudes (température maximale). Les températures minimales suivent la même évolution et restent au-dessous de 20°C. L'augmentation de l'indice humidex est parallèle et reste au-dessous de 35°C (figure 58). L'importance du pic de chaleur début août 2003 par rapport aux moyennes des années précédentes est marquée : au maximum +8,3°C pour les températures minimales et +13,3°C pour les maximales (figure 59). Du 4 au 6 août et du 10 au 12 août, la température moyenne est au-dessus de la température critique. AT et DI ne dépassent pas les seuils.

**Figure 58.** Températures maximales, minimales et indice humidex moyen observés à Lille entre le 25 mai et le 15 septembre pour les années 1999-2002 et 2003



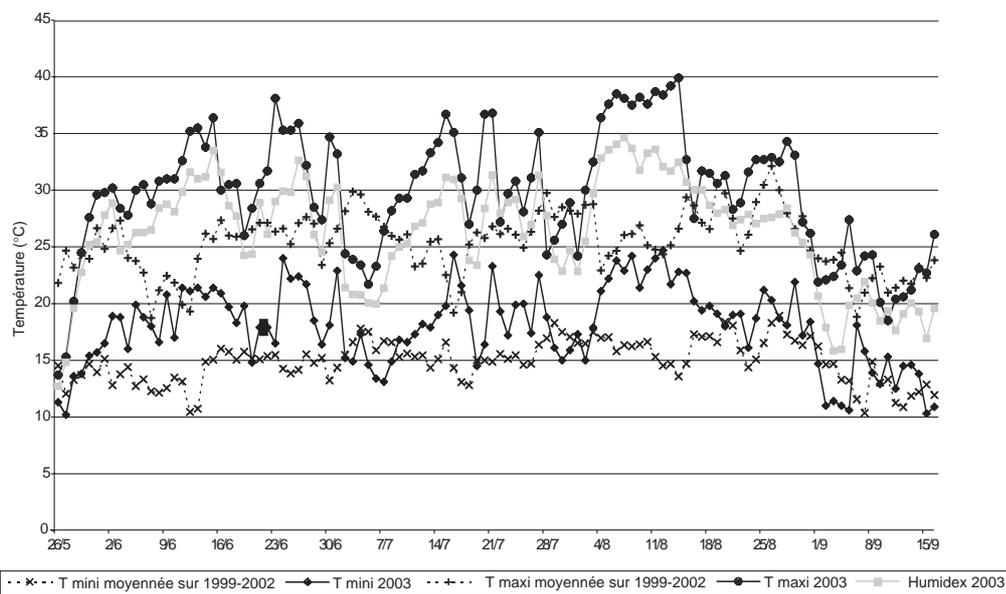
**Figure 59.** Evolution de la température moyenne sur 1999-2002 et en 2003 entre le 25 mai et le 15 septembre, comparée à la température critique (=température moyenne 1999-2002 +7°C) à Lille



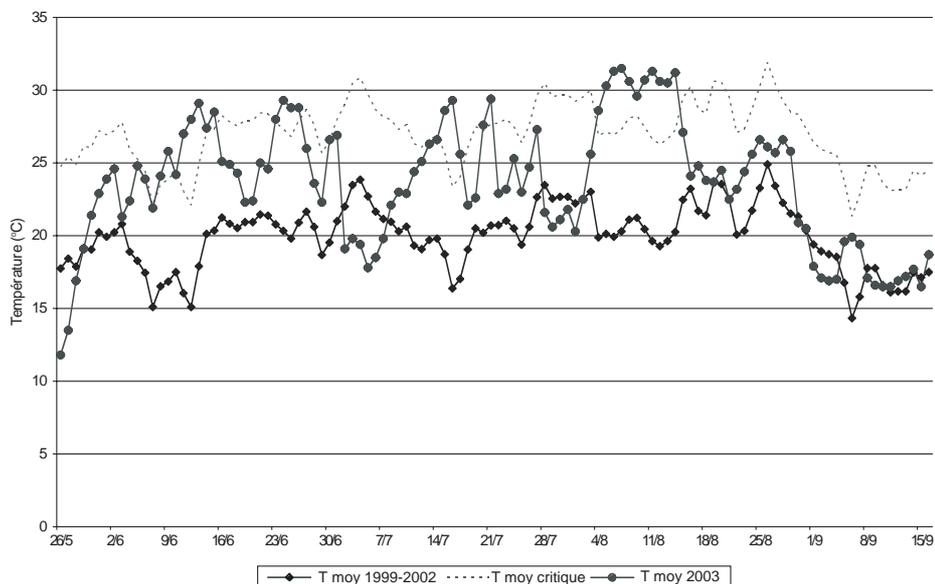
## Lyon

Après plusieurs courts pics de chaleurs en juin et juillet, une augmentation progressive s'amorce à partir du 1<sup>er</sup> août (figure 60). Les températures maximales se maintiennent au-dessus de 35°C durant 11 jours consécutifs avant de baisser à partir du 15 août. Les températures minimales restent comprises entre 20 et 25°C durant la première quinzaine d'août. La baisse de l'indice humidex s'amorce dès le 7 août après une augmentation conséquente entre le 1<sup>er</sup> et le 7 août. Il reste au-dessous de 35°C (figure 60). L'importance du pic de chaleur début août 2003 par rapport aux moyennes des années précédentes est marquée : au maximum +10°C pour les températures minimales et +14°C pour les maximales (figure 61). Du 4 au 14 août, la température moyenne est au-dessus de la température critique. AT et DI ne dépassent pas les seuils.

**Figure 60.** Températures maximales, minimales et indice humidex moyen observés à Lyon entre le 25 mai et le 15 septembre pour les années 1999-2002 et 2003



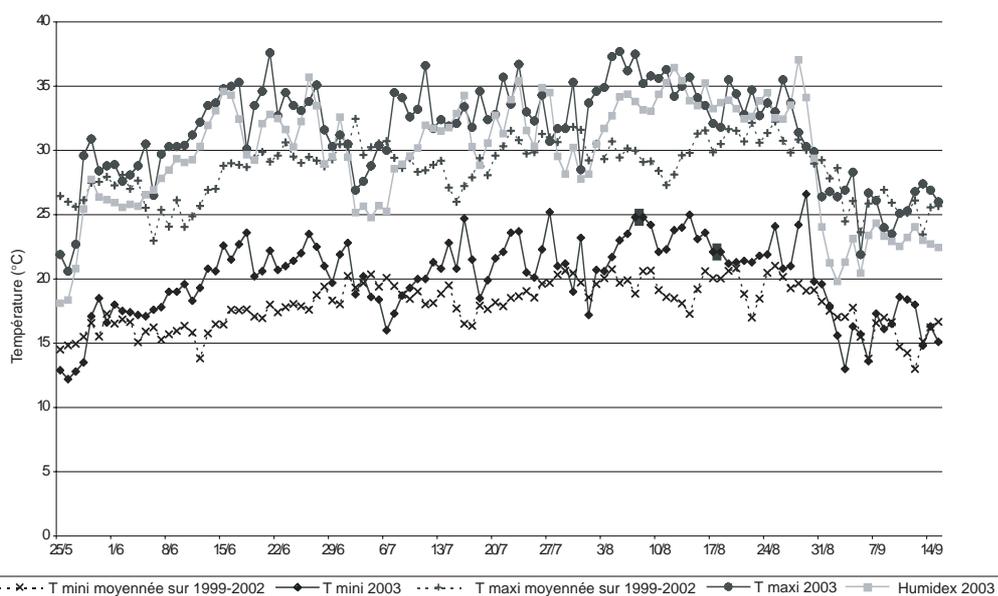
**Figure 61.** Evolution de la température moyenne sur 1999-2002 et en 2003 entre le 25 mai et le 15 septembre, comparée à la température critique (=température moyenne 1999-2002 +7°C) à Lyon



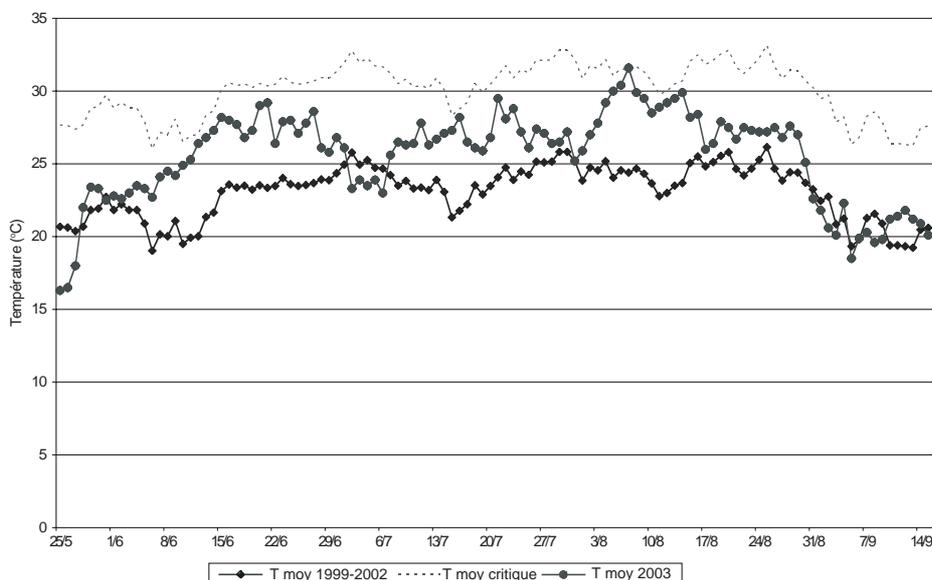
## Marseille

L'augmentation des températures est sensiblement moins brutale que dans les autres villes, les mois de juillet et de juin ayant connu plusieurs jours autour de 35°C (figure 62). Les températures maximales se maintiennent au-dessus de 35°C durant huit jours consécutifs à partir du 3 août avant de baisser à partir du 15 août pour remonter le 19. Les températures minimales restent comprises entre 20 et 25°C durant la première quinzaine d'août et amorcent une légère baisse suivie d'une remontée entre le 8 et le 13 août. L'indice humidex moyen est aussi globalement au-dessous des 35°C (figure 62). L'importance du pic de chaleur début août 2003 par rapport aux moyennes des années précédentes est moins marquée que dans d'autres villes plus au nord : au maximum +7,5°C pour les températures minimales et +7,5°C pour les maximales (figure 63). **La température moyenne ne dépasse pas la température critique.** AT et DI ne dépassent pas les seuils. L'indice AT dépasse 35°C du 5 au 15 août.

**Figure 62.** Températures maximales, minimales et indice humidex moyen observés à Marseille entre le 25 mai et le 15 septembre pour les années 1999-2002 et 2003



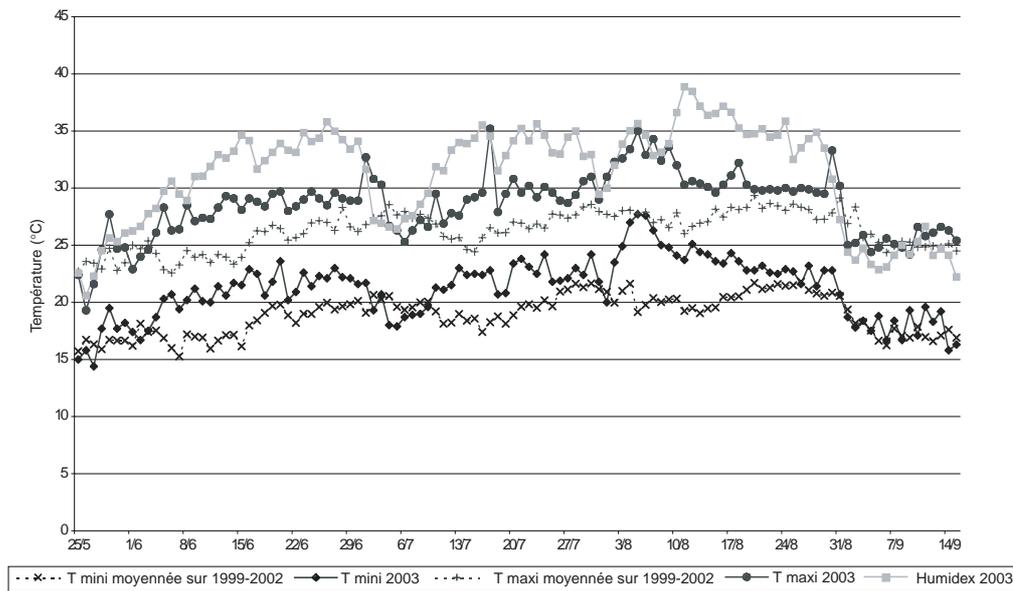
**Figure 63.** Evolution de la température moyenne sur 1999-2002 et en 2003 entre le 25 mai et le 15 septembre comparée à la température critique (=température moyenne 1999-2002 +7°C) à Marseille



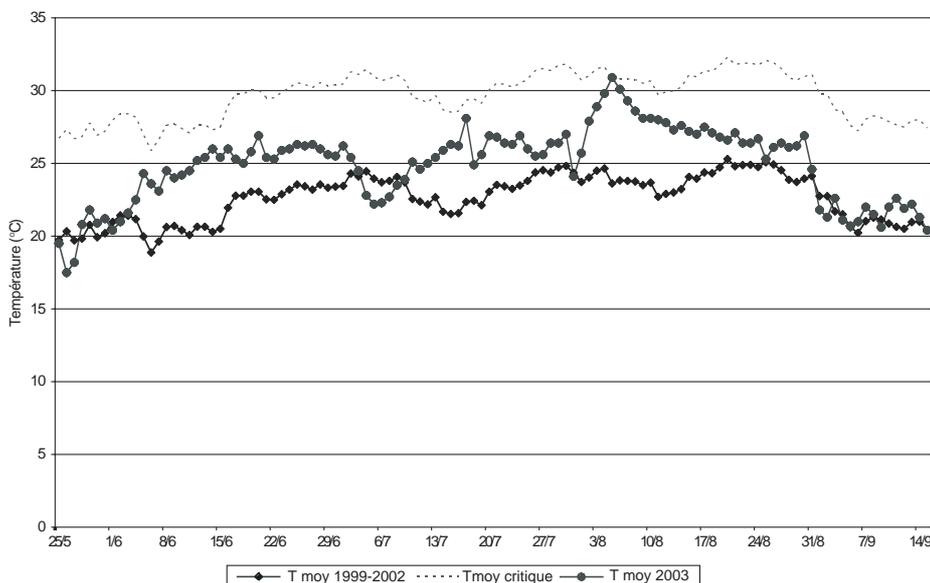
## Nice

L'augmentation des températures s'est faite de manière très progressive et les 35°C n'ont pas été dépassés (figure 64). Entre le 3 et le 8 août, les températures minimales sont au-dessus de 25°C avant de baisser régulièrement. Fait intéressant, l'indice humidex est au-dessus de la température maximale et au-dessus de 35°C. L'importance du pic de chaleur début août 2003 par rapport aux moyennes des années précédentes est moins marquée que dans d'autres villes plus au nord : au maximum +7,8°C pour les températures minimales et +7°C pour les maximales. **La température moyenne ne dépasse pas la température critique** (figure 65). AT et DI ne dépassent pas les seuils. L'indice AT dépasse 35°C du 3 au 19 août.

**Figure 64.** Températures maximales, minimales et indice humidex moyen observés à Nice entre le 25 mai et le 15 septembre pour les années 1999-2002 et 2003



**Figure 65.** Evolution de la température moyenne sur 1999-2002 et en 2003 entre le 25 mai et le 15 septembre, comparée à la température critique (=température moyenne 1999-2002 +7°C) à Nice



## Paris

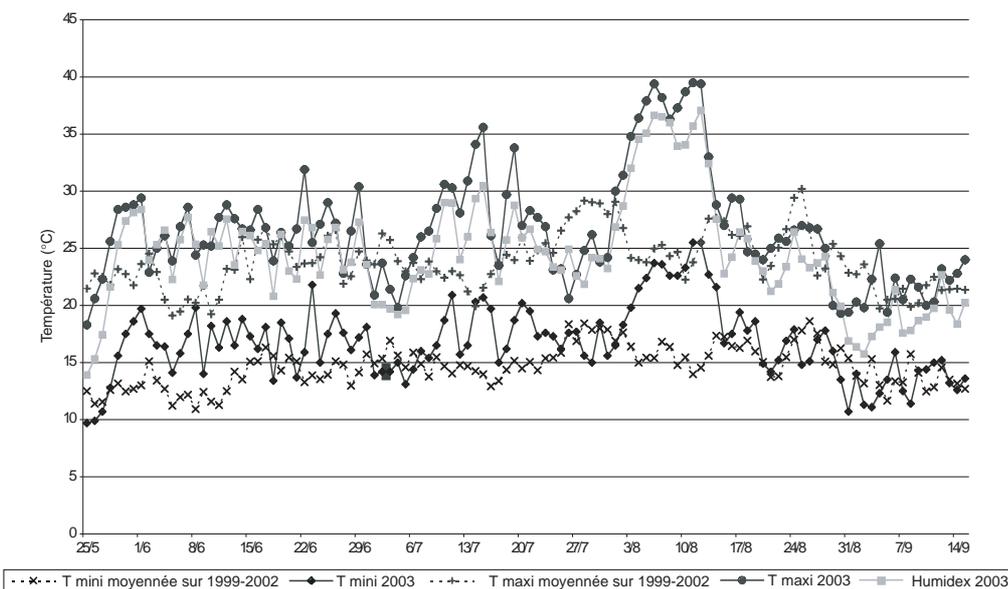
L'augmentation de température est progressive mais rapide (+15°C en 6 jours), les mois de juillet et de juin ayant globalement été au-dessous de 35°C (figure 66). Les températures maximales se maintiennent au-dessus de 35°C durant 9 jours consécutifs à partir du 4 août. On observe aussi une **hausse continue des températures minimales entre le 1<sup>er</sup> et le 12 août qui atteignent des valeurs exceptionnelles les 11 et 12 août : 25,5°C, record absolu de température minimale à Paris**. Cette température dépasse de très loin le record précédent de 24°C établi en juillet 1976. Les températures minimales restent comprises entre 20 et 25°C durant la première quinzaine d'août et amorcent une légère baisse suivie d'une remontée entre le 8 et le 13 août. L'indice humidex moyen est aussi au-dessus des 35°C pendant quatre jours consécutifs (5-8 août) (figure 66). Du 3 au 13 août, la température moyenne est au-dessus de la température critique (figure 67). AT et DI ne dépassent pas les seuils. L'AT est au-dessus de 35°C du 4 au 12 août. L'importance du pic de chaleur début août 2003 par rapport aux moyennes des années précédentes est marquée : au maximum +11,5°C pour les températures minimales et +15,5°C pour les maximales. De plus, l'analyse des archives climatologiques de la station de Paris-Montsouris de 1873 au 18 août 2003 (communication de Mr Lossec) montre que la canicule a été exceptionnelle en région parisienne de par sa durée et son intensité (tableau 21).

**Tableau 21.** Comparaison des données météorologiques de 1911, 1947 et 2003 à Paris, station de Paris-Montsouris

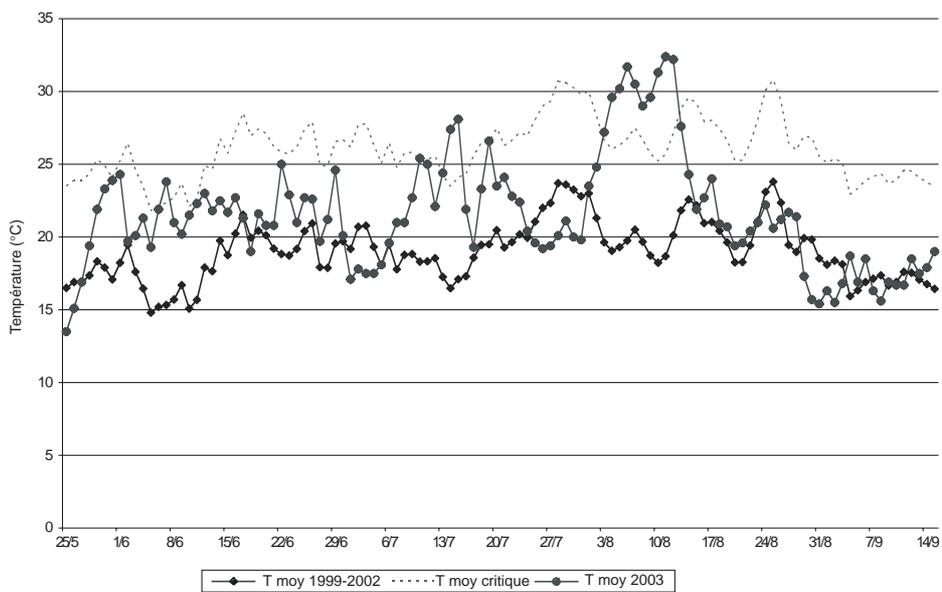
Température		Année		
		1911	1947	2003
Nb jours/an où température > 30°C		34	38	20
Nb jours/an où température > 35°C		11	5	10
Nb de jours		5		
Température maximum (°C)		37,7		
Jours consécutifs où température > 35°C	Température moyenne minimum (°C)	19,2		
	Température moyenne (°C)	27,7		
	Température moyenne maximum (°C)	36,2		
		38,1		

Source : Météo France

**Figure 66.** Températures maximales, minimales et indice humidex moyen observés à Paris entre le 25 mai et le 15 septembre pour les années 1999-2002 et 2003



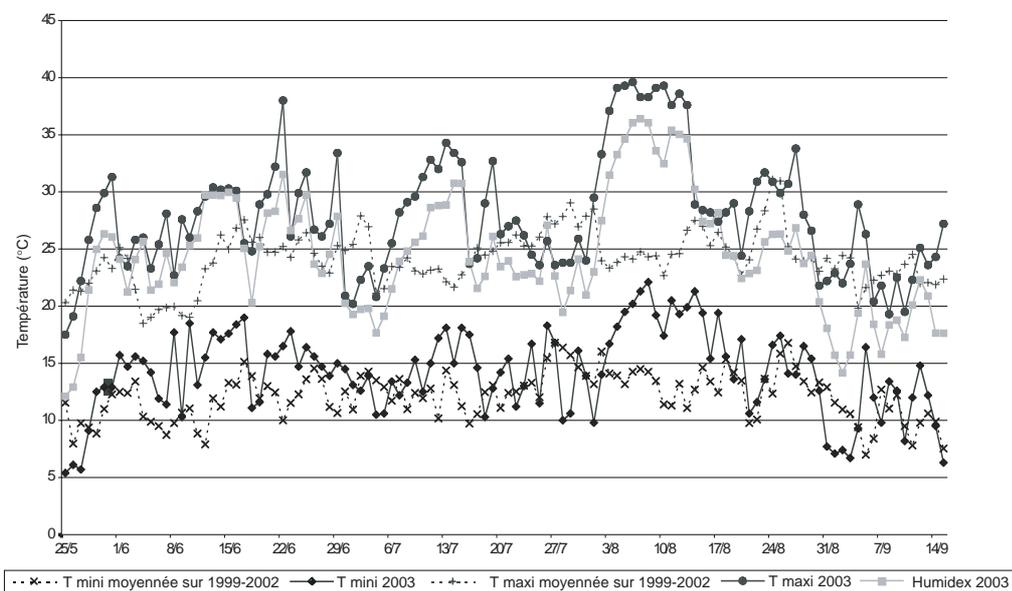
**Figure 67.** Evolution de la température moyenne sur 1999-2002 et en 2003 entre le 25 mai et le 15 septembre, comparée à la température critique (=température moyenne 1999-2002 +7°C) à Paris



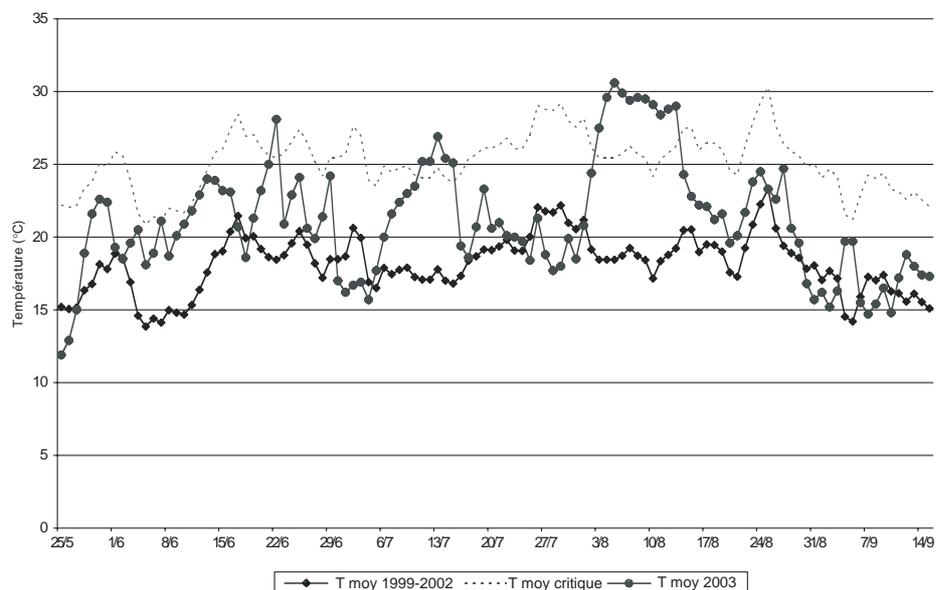
## Poitiers

On observe ici encore une augmentation importante des températures maximales au début du mois d'août, suivie d'un plateau de jours consécutifs supérieurs à 35°C du 3 au 13 août puis d'une baisse rapide des températures (figure 68). La courbe des températures minimales durant l'épisode de canicule est plus vallonnée, les températures passant au-dessous des 20°C les 9-10 août puis à partir du 15. L'indice humidex moyen est aussi globalement au-dessous des 35°C, avec trois jours consécutifs au-dessus (6-8 août). L'importance du pic de chaleur début août 2003 par rapport aux moyennes des années précédentes est très marquée pour les maximales : au maximum +8,8°C pour les températures minimales et +16,6°C pour les maximales. Du 3 au 13 août, la température moyenne est au-dessus de la température critique (figure 69). AT et DI ne dépassent pas les seuils. L'AT est au-dessus de 35°C du 4 au 13 août.

**Figure 68.** Températures maximales, minimales et indice humidex moyen observés à Poitiers entre le 25 mai et le 15 septembre pour les années 1999-2002 et 2003



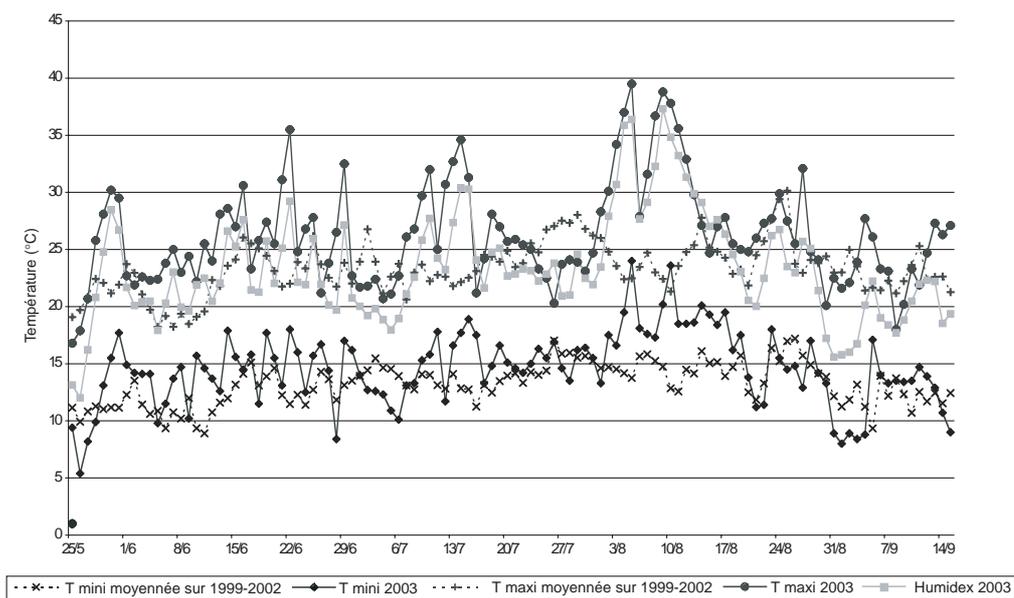
**Figure 69.** Evolution de la température moyenne sur 1999-2002 et en 2003 entre le 25 mai et le 15 septembre, comparée à la température critique (=température moyenne 1999-2002 +7°C) à Poitiers



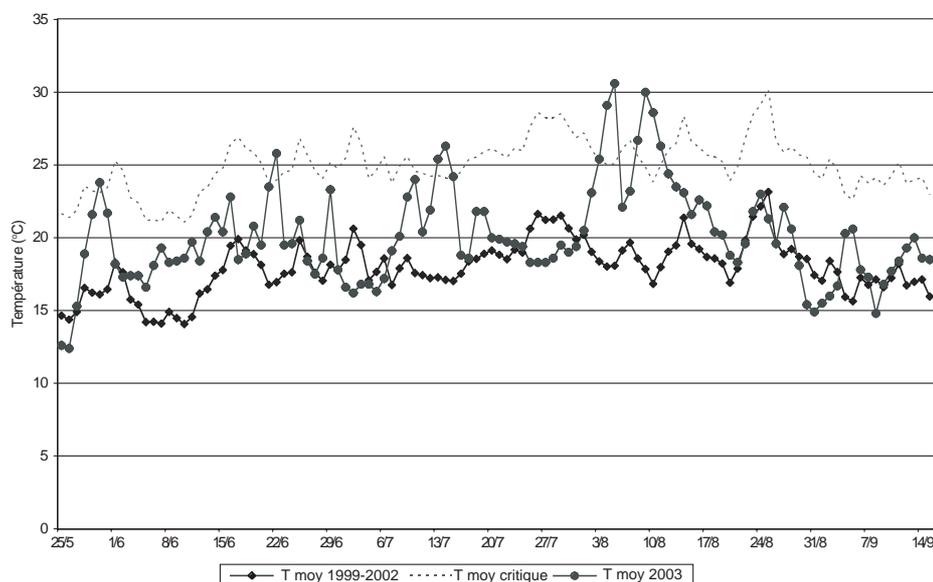
## Rennes

La température maximale augmente rapidement à partir du 1<sup>er</sup> août pour culminer à 39,5°C le 5 août et baisser fortement dès le 6 pour remonter au-dessus des 35°C le 8 août (figure 70). Excepté deux pics à 24 et 23,6°C les 5 et 10 août, la température minimale reste stable sous les 20°C durant la première quinzaine d'août. L'indice humidex moyen est globalement au-dessous des 35°C. L'importance du pic de chaleur début août 2003 par rapport aux moyennes des années précédentes est très marquée pour les maximales : au maximum +6°C pour les températures minimales et +17°C pour les maximales. Du 4 au 5 août et du 8 au 11 août, la température moyenne est au-dessus de la température critique (figure 71). AT et DI ne dépassent pas les seuils. L'AT est au-dessus de 35°C du 9 au 10 août.

**Figure 70.** Températures maximales, minimales et indice humidex moyen observés à Rennes entre le 25 mai et le 15 septembre pour les années 1999-2002 et 2003



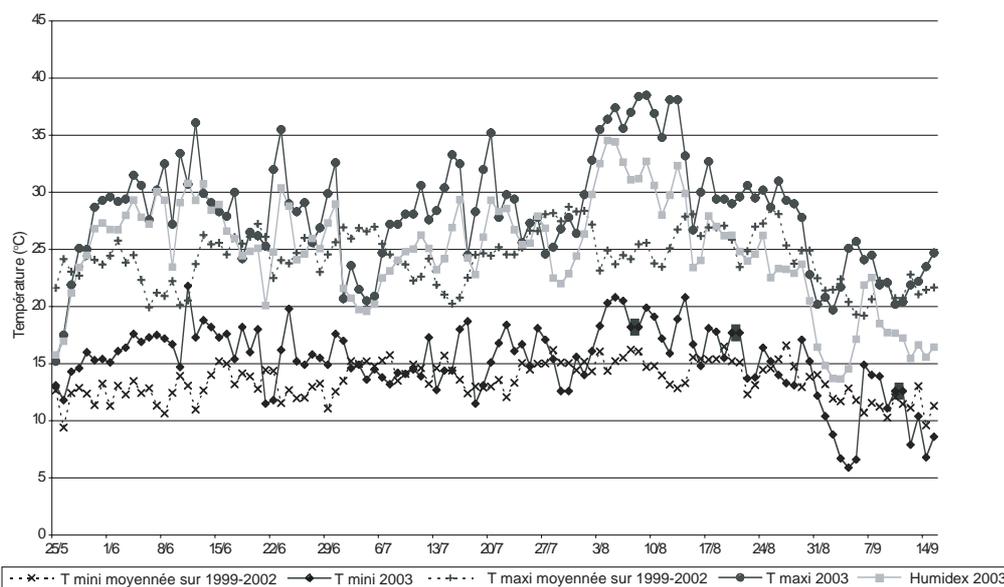
**Figure 71.** Evolution de la température moyenne sur 1999-2002 et en 2003 entre le 25 mai et le 15 septembre, comparée à la température critique (=température moyenne 1999-2002 +7°C) à Rennes



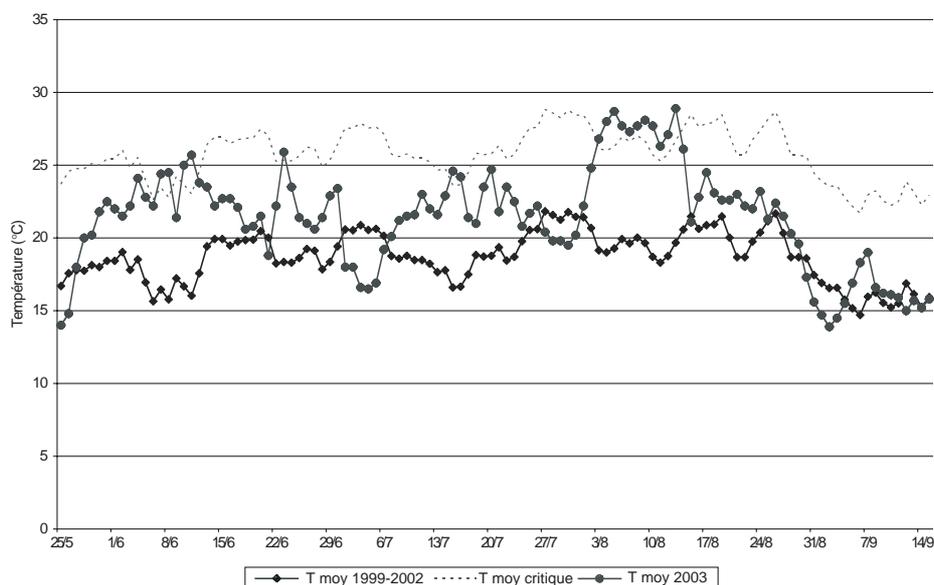
## Strasbourg

Les températures maximales les plus hautes apparaissent progressivement à partir du 31 juillet (+10°C en 6 jours), une baisse rapide s'amorçant à partir du 13 après 11 jours consécutifs à plus de 35°C (figure 72). L'augmentation des températures minimales est moins marquée et elles restent au-dessous de 20°C. L'augmentation de l'indice humidex est parallèle à celle des températures mais sa baisse s'amorce dès le 5 août et il reste au-dessous de 35°C. L'importance du pic de chaleur début août 2003 par rapport aux moyennes des années précédentes est marquée : au maximum +7,5°C pour les températures minimales et +13,3°C pour les maximales. **Du 3 au 13 août, la température moyenne est au-dessus de la température critique** (figure 73). **AT et DI ne dépassent pas les seuils.** L'AT est au-dessus de 35°C du 4 au 5 août.

**Figure 72.** Températures maximales, minimales et indice humidex moyen observés à Strasbourg entre le 25 mai et le 15 septembre pour les années 1999-2002 et 2003



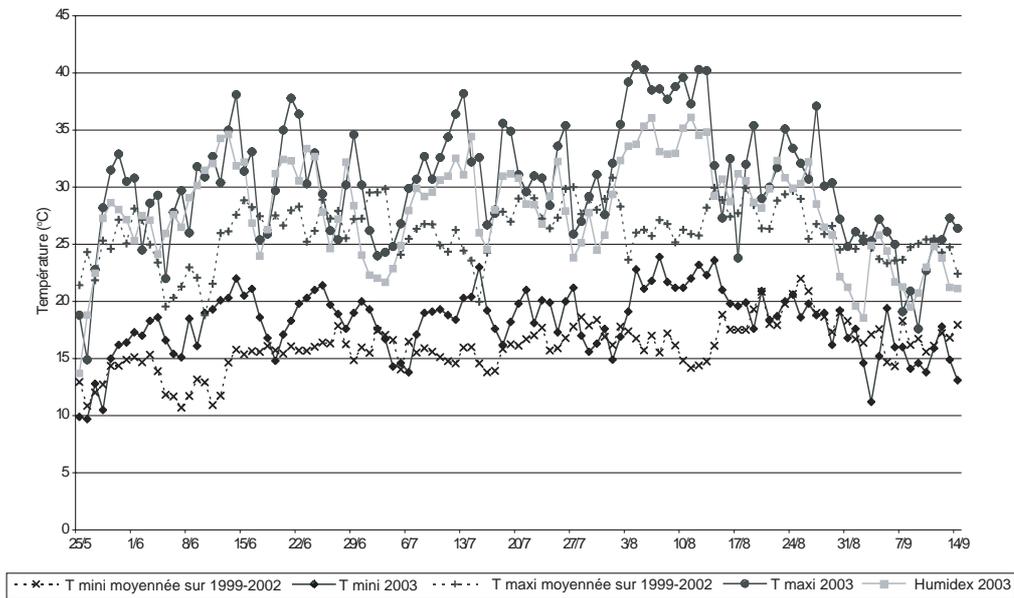
**Figure 73.** Evolution de la température moyenne sur 1999-2002 et en 2003 entre le 25 mai et le 15 septembre, comparée à la température critique (=température moyenne 1999-2002 +7°C) à Strasbourg



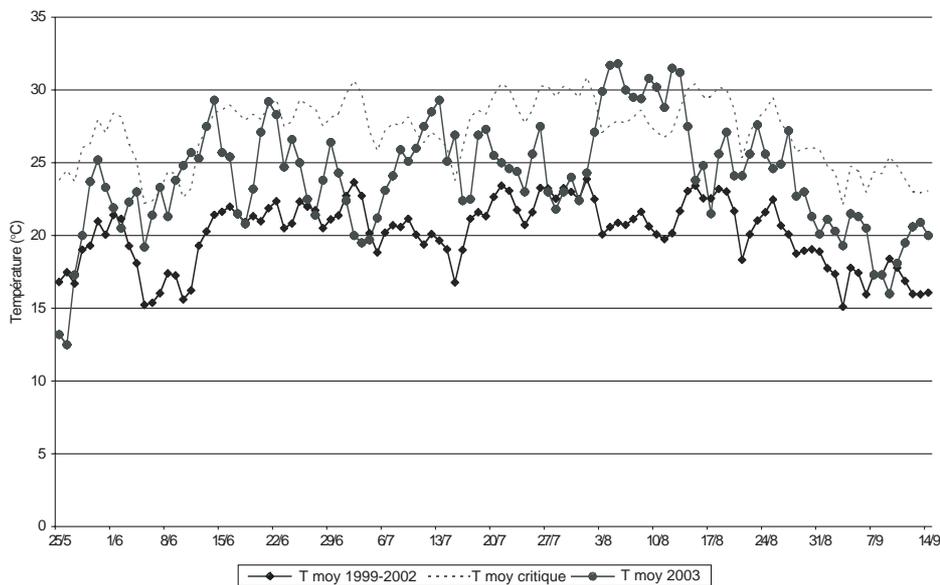
## Toulouse

Les températures maximales les plus hautes apparaissent brutalement à partir du 31 juillet (+12°C en 5 jours), une baisse rapide s'amorçant à partir du 13 après 12 jours consécutifs à plus de 35°C (figure 74). L'augmentation des températures minimales est moins marquée mais elles restent au-dessus de 20°C. L'augmentation de l'indice humidex est parallèle à celle des températures. L'importance du pic de chaleur début août 2003 par rapport aux moyennes des années précédentes est marquée : au maximum +6°C pour les températures minimales et +14°C pour les maximales. **Du 3 au 13 août, la température moyenne est au-dessus de la température critique** (figure 75). **AT et DI ne dépassent pas les seuils.**

**Figure 74.** Températures maximales, minimales et indice humidex moyen observés à Toulouse entre le 25 mai et le 15 septembre pour les années 1999-2002 et 2003



**Figure 75.** Evolution de la température moyenne sur 1999-2002 et en 2003 entre le 25 mai et le 15 septembre, comparée à la température critique (=température moyenne 1999-2002 +7°C) à Toulouse



# Annexe 3. Fiche de déclaration des décès par coup de chaleur climatique des patients hospitalisés

Décès par coup de chaleur lié aux conditions climatiques

Établissement de santé (centre hospitalier, clinique,...) déclarant :

nom : .....

coordonnées, téléphone :.....

.....

Nom du déclarant : .....

La personne décédée :

initiale du nom : ..... prénom : .....

date de naissance : ...../...../..... (JJ/MM/AAAA)

sexe (M/F) : M  F  profession : .....

Lieu de vie au moment du coup de chaleur ayant conduit au décès :

Logement individuel  institution  sans domicile fixe

Préciser l'institution : (foyer d'hébergement de personnes âgées, MAPAD,  
foyer-logement, hôpital, centre de vacances ou de loisir, crèche,...)

.....

Code postal ou nom de la commune de résidence : .....

La personne vivait-elle seule ? OUI  NON

Date de début des symptômes

liés au coup de chaleur : ...../...../..... (JJ/MM/AAAA)

Date de l'hospitalisation : ...../...../..... (JJ/MM/AAAA)

Date du décès :...../...../..... (JJ/MM/AAAA)

Température du corps avant le décès : ..... degrés Celsius

Présence de pathologies chroniques sous-jacentes :

maladie mentale  diabète  obésité

autres (préciser) : .....

Présence de facteurs susceptibles de lien avec le décès par coup de chaleur :

traitement psychotrope  alcoolisation  en activité professionnelle

autres (préciser) : .....

Personnes contact à l'InVS : Céline Ermanel 01 55 12 53 16 ; Hélène Tillaut 01 55 12 53 21

Fiches à retourner par télécopie au : 01 41 79 68 11

Institut de veille sanitaire - 11 août 2003

## Annexe 4. Formulaire de l'enquête sur les effets retardés de la canicule

CENTRE :

DATE :

Nb total de patients pris en charge :

Pour les SAMU :

Nb d'appels (régulation)

Ou

Nb de sorties primaires

	Nombre	Classification internationale des maladies
<b>Total pathologies cardiovasculaires</b>		I00 à I99
<i>Si possible, préciser :</i>		
- syndrome coronarien aigu (infarctus du myocarde, angor)		I20 à I25
- accident vasculaire cérébral		I60 à I69
- phlébite / embolie pulmonaire		I26 et I80
- insuffisance cardiaque		I50
<b>Total pathologies respiratoires</b>		J00 à J99
<i>Si possible, préciser :</i>		
BPCO		J40 à J44
Bronchite aiguë et pneumopathie		J12 à J18 et J20 à J22
<b>Total pathologies génito-urinaires</b>		N00 à N99
<i>Si possible préciser :</i>		
- pyélonéphrite		N10 N11 N12
- colique néphrétique		N20 à N23
<b>Métabolique</b>		E00 à E99
hyponatrémie		E87
<b>Troubles psychiatriques</b>		F00 à F99
<b>Coup de chaleur</b>		T67

A envoyer

par mail à [j.donadieu@invs.sante.fr](mailto:j.donadieu@invs.sante.fr) ou à [s.vandentorren@invs.sante.fr](mailto:s.vandentorren@invs.sante.fr)

ou

par fax au **01 41 79 67 68** (InVS Département santé et environnement)

# Notes

# Notes

# Notes